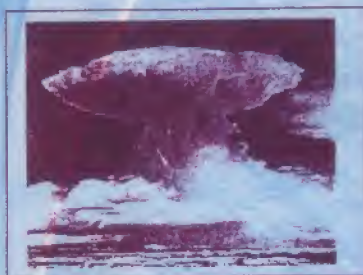




جامعة المنصورة  
كلية التربية  
قسم المواد الاجتماعية

# رأرصاد الجوية



الدكتور  
أحمد أحمد الشيخ

جامعة المنصورة  
كلية التربية  
قسم المواد الاجتماعية

# الأرصاد الجوية

دكتور  
أحمد أحمد الشيخ

٢٠٠٤

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَأَنزَلَ اللَّهُ عَلَيْكَ الْكِتَابَ وَالْحِكْمَةَ وَعَلَّمَكَ

مَا لَمْ تَكُن تَعْلَمُ وَكَانَ فَضْلُ اللَّهِ عَلَيْكَ عَظِيمًا

سُبْحَانَ اللَّهِ الْعَلِيِّ الْعَظِيمِ



## مقدمة:

يؤثر الغلاف الجوى المحيط بالأرض فى مجالات حياتنا اليومية بطرق متعددة ، وقد يتجاوب معه الإنسان بشكل مباشر وسريع مثل اختيار نوع الملابس التى نرتديها فى كل يوم ، أو نتجاوب معه على المدى الطويل فى بناء منازلنا وما يلزمها من أجهزة تدفئة فى برد الشتاء وأجهزة تكييف فى فصل الصيف الحار ، كما وأتأنا عند زراعة حقل أو حديقة منزل فإننا نفكر بالضرورة فيما ستكون عليه الأحوال الجوية والمناخية مستقبلاً ، وكذلك الحال عند التفكير فى القيام بإجازة بعيداً عن أرض الوطن.

ولقد اتسع مدى علم المناخ بشكل عظيم فى السنوات الأخيرة ، وتوجد الآن منظومات من الأساليب التى يمارسها علماء المناخ والمهتمين بالأرصاد الجوية لإيجاد حلول لمواجهة المشكلات المرتبطة بالأحوال المناخية والجوية ، وقد توافرت معلومات هائلة عن عناصر الجو وظواهره من خلال القياسات والملاحظات السطحية ، ومازال عالم المناخ يستخدم هذه المعلومات والبيانات المتراكمة عبر السنين الطويلة ، ويوظفها فى ضوء فهمه للعمليات المناخية Climatic processes حتى يتمكن من تقديم حلول وإجابات للعديد من المشكلات العلمية لسنوات طويلة قادمة .

وفى السنوات الأخيرة ساعدت الأقمار الصناعية Satellites فى متابعة الأحوال المناخية وفى رصد الظواهر الجوية على تطوير الرؤية المحدودة للمناخ وتوسيع آفاقها ، حيث مكنت هذه الأقمار الصناعية علماء المناخ من



رؤية المناخ كوحدة شاملة تغطي سطح كوكب الأرض بأكمله لأول مرة ، لأنه أتاح لنا رؤية ثلاثية الأبعاد للأرض ، ولقد ساعد ذلك على الفهم الجيد للنظام المناخى بأكمله ، مما يساعد فى عمل تنبؤات طويلة المدى ومعرفة التغيرات التى يمكن أن تحدث ومسبباتها .

وفى الوقت الذى كانت هذه التطورات العلمية فى مجال الأرصاد الجوية والمناخ تتحقق يوماً بعد يوم ، كان الاهتمام والوعى بأهمية الظواهر المناخية والجوية يتزايدان لدى الناس بإضطراب ، ولقد أدت الكوارث المناخية إلى إزكاء هذا الاهتمام ؛ مثل حالات الجفاف الكثيرة التى اجتاحت مناطق عديدة من العالم فى أوائل السبعينات .

ومما زاد من اهتمام الناس فى العالم بأكمله فى السنوات الأخيرة بالمناخ وبمتابعة التغيرات الجوية على مستوى الكرة الأرضية، القلق المتزايد من الآثار الضارة لتزايد التغيرات المناخية من النشاط البشرى المكثف والمتصاعد ، مثل زيادة معدلات تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء نتيجة تزايد استخدام الوقود الحفري ، إلى جانب ارتفاع درجات الحرارة نتيجة تناقص سمك طبقة الأوزون وتآكلها. وقد وأدى هذا بدوره إلى مزيد من الاهتمام من قبل المهتمين بعلمى الأرصاد الجوية Meteorology والمناخ Climatology لتحسين الوعى المناخى من أجل مزيد من الفهم للعمليات والظواهر المناخية وتطوير القدرة على التنبؤ والرصد الجوى المستقبلى .

وقد تطور علم الأرصاد الجوية على النحو التالي : ففي الوقت الذي كانت تتم فيه القياسات الوصفية للمناخ ، كان هناك أسلوب آخر مختلف تماماً يتم اتباعه في مجال علم الأرصاد الجوية ، ولقد كان ممكناً مع تقدم الاتصالات التلغرافية Telegraphic Communications جمع الملاحظات والقياسات والأرصاد من مجموعة متنوعة من الأماكن في أماكن متعددة إلى مكان واحد وبسرعة ، وذلك من أجل تحليلها والتنبؤ المستقبلي بحالة الجو. وقد كان الدافع الأساسي لذلك في البداية منصب على التنبؤ قصير المدى لمعرفة مسارات العواصف Storm tracks لتلافى تأثيراتها أو الإقلال من إضرارها على المناطق التي سوف تتجه إليها.

وبعد تطور فهم هذه المعلومات القادمة من الملاحظات والقياسات والأرصاد إلى مكان واحد من أماكن متعددة زادت الحاجة إلى إجراء المزيد من القياسات والمشاهدات ، فقد كانت هناك حاجة لقياسات الضغط الجوي Atmospheric Pressure وسرعة الرياح واتجاهها Wind speed and direction ومدى الرؤية ونوع السحب وكمياتها Cloud types and amounts ، وكذلك درجات الحرارة ساعة بساعة. وقد زاد الاهتمام بالأرصاد الجوية بعد استخدام الطائرات وقد سمي هذا بالأرصاد الجوية الخاصة بالطيران Aviation meteorology ، ونتيجة لذلك زاد الاهتمام بالقياسات الجوية لطبقات الجو العليا ، وتم اختراع أجهزة الراديو سوند Radiosonde . أما بعد الحرب العالمية الثانية فقد ابتكرت وسائل المراقبة بالردار Radar observation للسحب والأمطار ، وقد



ساعدت كل هذه القياسات وتقنيات الملاحظة على تحسين تطوير مفاهيمنا النظرية الخاصة بالعمليات المناخية ، ومقدرتنا على التنبؤ بحالة الجو .

وخلال تلك الفترة من التقدم الكبير فى مجال الرصد الجوى كانت مفاهيمنا عن المناخ والعلميات المناخية لا تزال تتقدم ببطء ، حيث استمر أسلوب الملاحظة التقليدى ، كما أنه جرت بعض المحاولات من أجل تفسير وشرح مناخ كوكب الأرض Global Climate ، وعن طريقه ثبت أن البيانات والقياسات المناخية التى تم جمعها من خلال الرصد الجوى كانت فى كثير من الأحيان بالغة الفائدة للإنسان فى حياته اليومية ، فعلى سبيل المثال ، وأثناء الحرب العالمية الثانية ، حين كانت العمليات العسكرية تتم فى مناطق غير مألوقة ، ومع استخدام الجنود لآلات ومعدات ربما كانت شديدة التأثير بالظروف الجوية ، فقد تطلب ذلك تنبؤاً ممتداً للأحوال الجوية، وكذلك تقديرات طويله المدى لاحتمالات حدوث حالات جويه معينه .

أى أن الإنسان ومنذ أقدم العصور يحاول جاهداً أن يقوم بفهم وتفسير أسرار الظواهر الجوية التى شاهدها على سطح الأرض ولم يكن على قدر من الفهم والإدراك والوعى الذى يمكنه من فهمها، خصوصاً الظواهر التى ترتبط بالتساقط المطرى مثل الرعد والبرق والمطر نفسه والبرد وخلافه من أشكال التكاثف والتى كانت وما تزال تلعب دوراً بارزاً فى حياة الإنسان على سطح الأرض .





## الفصل الأول

### الطقس والمناخ والغلاف الجوى

الغلاف الغازى هو أحد الأغلفة التى تحيط بالكرة الأرضية بما يحتويه من طبقات ، ولولا هذا الغلاف لما وجدت حياة على سطح الأرض ولما كان هناك مجال تمارس فيه ظواهر الطقس والمناخ عملها مثل المسحب والأمطار والندى والضباب والتساقط الثلجى وغيرها من الظواهر الجوية ، ومن ثم لاما عرفنا ما نسميه بالطقس والمناخ ، وتركز ظواهر الطقس في الجزء السفلى من الغلاف الجوى في طبقة التروبوسفير Troposphere والتي تضم بداخلها ٧٥ ٪ من كتلة الهواء الجوى .

#### ١ - الطقس : Weather

يمثل الطقس حالة الجو في مكان ما في فترة زمنية محددة قد تكون ساعة أو عدة ساعات أو يوم أو أيام أو أسبوع أو شهر من السنة ، ويدرس هذا العلم مجموعة من العناصر، أهمها الإشعاع الشمسي ، ودرجة حرارة الهواء ، وأنواع التساقط ( مطرى - ثلجى ) ، والضغط الجوى، وما يستتبعه من حركة الهواء فيما يعرف باسم الرياح ، أى أن الطقس هو محصلة العمليات الجوية التى تحدث في الجزء السفلى من الغلاف الجوى في فترة زمنية محددة .

## ٢- المناخ : Climate

هو متوسط الأحوال الجوية في منطقة ما لفترة طويلة من الزمن ، كما يمكن اعتباره علاقة الظواهر الجوية بالبيئة سواء كانت طبيعية أو بشرية ، ويتكون المناخ من عدة عناصر elements ، وقد قام علم المناخ وارتكز لفترة زمنية طويلة على عنصرين من هذه العناصر وهما درجة حرارة الهواء وكمية التساقط المطري Percipitation ، وهما العنصران اللذان لاحظهما الإنسان أكثر من غيرهما ، واللذان يؤثران في حياته اليومية أكثر من غيرهما ، وهما بالفعل عظيم الأهمية في دراسة ووصف حالة الجو ، ولما لهما من دور هام ومؤثر وبعيد المدى في العمليات المناخية والجوية ، ولكنهما ليسا عنصرى المناخ الوحيدين ، فسرعة واتجاه الرياح Wind Speed and Direction وكذلك نوع وكثافة السحب Cloud Types and Amounts ومدة سطوع الشمس Sunshine Duration والرطوبة الجوية Atmospheric Humidity وضغط الهواء الجوى Air Pressure وكذلك مدى الرؤية Visibility هى إضافة هامة لقائمة عناصر المناخ المختلفة التى نلاحظها كل يوم.

وبعض العناصر الأخرى قد تكون على نفس القدر من الأهمية بل أكثر في أوقات أو ظروف معينة ، وعلى سبيل المثال يعتبر محتوى الأرض الرطوبى Soil Moisture ودرجة حرارة التربة Soil Temperature والبخر Evaporation عناصر حيوية من وجهة نظر الزراعة وهى عناصر مرتبطة بالمناخ ، وكذلك فإن تركيزات المواد الملوثة



## ٢- المناخ : Climate

هو متوسط الأحوال الجوية في منطقة ما لفترة طويلة من الزمن ، كما يمكن اعتباره علاقة الظواهر الجوية بالبيئة سواء كانت طبيعية أو بشرية ، ويتكون المناخ من عدة عناصر elements ، وقد قام علم المناخ وارتكز لفترة زمنية طويلة على عنصرين من هذه العناصر وهما درجة حرارة الهواء وكمية التساقط المطري Percipitation ، وهما العنصران اللذان لاحظهما الإنسان أكثر من غيرهما ، واللذان يؤثران في حياته اليومية أكثر من غيرهما ، وهما بالفعل عظيم الأهمية في دراسة ووصف حالة الجو ، ولما لهما من دور هام ومؤثر وبعيد المدى في العمليات المناخية والجوية ، ولكنهما ليسا عنصرى المناخ الوحيدين ، فسرعة واتجاه الرياح Wind Speed and Direction وكذلك نوع وكثافة السحب Cloud Types and Amounts ومدة سطوع الشمس Sunshine Duration والرطوبة الجوية Atmospheric Humidity وضغط الهواء الجوى Air Pressure وكذلك مدى الرؤية Visibility هى إضافة هامة لقائمة عناصر المناخ المختلفة التى نلاحظها كل يوم.

وبعض العناصر الأخرى قد تكون على نفس القدر من الأهمية بل أكثر في أوقات أو ظروف معينة ، وعلى سبيل المثال يعتبر محتوى الأرض الرطوبى Soil Moisture ودرجة حرارة التربة Soil Temperature والبخر Evaporation عناصر حيوية من وجهة نظر الزراعة وهى عناصر مرتبطة بالمناخ ، وكذلك فإن تركيزات المواد الملوثة

Acidity of Precipitation وحموضة مياه الأمطار  
Pollutant Concentration هي عناصر عالية الأهمية فيما يتعلق بصحة الإنسان ،  
بينما تدفقات الطاقة الإشعاعية Radiant Energy Fluxes تعد بالغة  
الأهمية للمشغلين بعلم المناخ في نطاق محاولتهم فهم التفاعلات والعمليات  
الجوية Atmospheric Processes .

### قياس العناصر :

تعد القياسات السطحية قياسات موضعية أو موقعية أى خاصة  
بنقطة جغرافية معينة Point Specific — وتعبّر عن زمن القياس فحسب  
— وعادة ما تكون هناك شبكة من المحطات المصممة بحيث يمكن بسهولة  
مقارنة قياسات إحدى المحطات أو المواقع مع تلك المقاسة في موقع أو  
مواقع أخرى ، لهذا فإن القياسات تتم باستخدام أجهزة وأدوات قياسية  
Standardized Instruments ، ذات تعرض قياسي  
Standardized Exposure ، حيث يتم استخدامها أيضاً بأساليب وطرق  
قياسية متفق عليها . ومن الأمثلة المألوفة في هذا المجال مقياس المطر  
Rain Gauge المعتاد ، حيث تم جمع مياه المطر في إناء ذو فتحة قياسية  
ثابتة وحجم ثابت ، وكذلك ارتفاع ثابت عن سطح الأرض وشكل ومسافة  
من العوائق ثابتين ومتفق عليهما .

وهذا المقياس يتم تفريغه عند نفس الوقت في كل يوم ، ويتم قياس  
المطر المتجمع بطريقة قياسية ثابتة ، وكثيراً من القياسات أو الثوابت يتم

الاتفاق عليها في اتفاقات دولية ، بين الجهات المتخصصة ، وتقوم هيئات ومحطات الأرصاد الجوية في كل دولة بتنفيذ وتطبيق تلك الاتفاقات ، وتعمل على التأكد من أن كل محطاتها تستخدم نفس القياسات ونفس الأجهزة والأسلوب أو الأساليب المتفق عليها ، ولكن هناك أيضاً العديد من محطات الأرصاد الجوية غير الرسمية التي تقوم بالرصد والقياسات وجمع البيانات ، وهذه قد تكون ملتزمة أو غير ملتزمة بالأساليب والأجهزة القياسية في جمعها للبيانات .

وبالنسبة لقياسات درجات الحرارة التي تصاحب قياسات المطر القياسية فهي تلك التي يتم قياسها بواسطة ترمومتر على ارتفاع حوالي ٢ متر فوق سطح الأرض ، والقياسات التي يتم الحصول عليها للحرارة بهذه الطريقة يطلق عليها إحدى التسميات المتعددة مثل الحرارة السطحية Surface Temperature أو حرارة الهواء Air Temperature أو حرارة الملجأ Shelter Temperature ( كشك القياس ) ، ويتم اختيار ارتفاع جهاز القياس ( الترمومتر ) بحيث يكون القياس معبراً عن درجة الحرارة في الطبقة السفلى ، من الجو والتي تجري فيها الحياة ، حيث تمثل جزءاً من طبقة تمتد لارتفاعات أكبر .

ويرجع السبب في وضع الترمومتر على مسافة ما فوق سطح الأرض إلى الحرص على أحداث نوع من التكامل Integration بين تأثير سطح الأرض بأنواعه المختلفة وفي المواقع المختلفة ، حيث أن درجات الحرارة على سطح الأرض مباشرة يمكن أن تتفاوت وتتغير بشكل سريع



عبر مسافة صغيرة ، ومن هنا فإن القياسات في هذه الحالة تتوقف بشكل مباشر على موقع وجود الجهاز بذاته .

وهذا من شأنه أن يجعل مقارنة القياسات بين المواقع المختلفة أمراً صعباً ، ولهذا فإن وضع الترمومتر في ملجأ (كشك) يعمل من جهة على منع امتصاص الترمومتر للأشعة الشمسية المباشرة من الجو ، وكذلك حمايته من جهة أخرى من تأثير الطاقة والأشعة المتدفقة لأعلى مع سطح الأرض، وتكون النتيجة بناء على هذا أقرب لدرجة حرارة الهواء عند مستوى الملجأ ممثلة ولهذه الحالة في منطقة واسعة ، ومن الممكن استخدام مستويات أخرى من التعرض ، وذلك بوضع الجهاز أعلى أو أسفل بداخل أو بدون مأوى .

وإلى جانب القياسات السطحية على اليابس توجد القياسات فوق المحيطات، وهى قياسات أقل فى حجمها من تلك التى تؤخذ على سطح الأرض . وتحفظ بعض الدول بسفن متخصصة في عمليات الرصد والقياسات الجوية في مواقع ثابتة، وهذه تعمل في رصدها على أن تكون قراءاتها قياسية Standard Measurements كما سبق . ويتزايد دور عوامات الرصد بالمحيطات Ocean Buoys في تزويدنا بالمعلومات عن المناخ بالمحيطات . وتقوم هذه العوامات أيضاً بأخذ قياساتها وقراءاتها بطرق قياسية بقدر الإمكان في مواجهة الأحوال الجوية المحيطية التى غالباً ما تكون عنيفة ، وتقوم بنقل هذه المعلومات إلى مراكز أرضية غالباً عن طريق الاتصال عبر الأقمار الصناعية .

كما استخدمت أجهزة الراديو سوند Radiosonde أكثر الطرق شيوعاً في أخذ القياسات في طبقات الجو العليا ، وهى مجموعة من أجهزة القياس تعلق أسفل أحد البالونات ، وتقوم بقياس درجات الحرارة والرطوبة والضغط أثناء ارتفاعها إلى أعلى ، وتستخدم قياسات الضغط في تحديد الارتفاع فوق سطح البحر ، وترسل البالونات إلى أعلى مرتين في اليوم عند الظهر وعند منتصف الليل بتوقيت جرينتش من عدة مئات المحطات المنتشرة في العالم. وتستخدم بعض المحطات نوعاً أكثر تطوراً من هذه الأجهزة يعرف باسم راونسون Rawinsonde وهى تقيس — إضافة إلى ما سبق — سرعة الرياح واتجاهها .

وتستخدم بعض الطائرات المجهزة خصيصاً في بعض الأحيان للقيام بعملیات الرصد في طبقات الهواء الجوى الأعلى، إلا أن هذا لا يتم بشكل روتينى منتظم ، بل يقتصر استخدامها على الأبحاث التجريبية الخاصة بأحوال جوية معينة ، وتستخدم أحياناً أنواع من الصواريخ المجهزة بتجهيزات خاصة للقيام بدور مماثل في الطبقات الجوية الأكثر ارتفاعاً . ومعظم هذه القياسات هى قياسات اتصال مباشرة ، حين تكون أجهزة القياس على اتصال بالعناصر المقاسة ، وهى كذلك قياسات موضعية Point Measurements تتحدد الدقة فيها بمدى دقة أجهزة القياس نفسها ومدى العناية المبذولة في صيانتها ، وكذلك الدقة في تعرضها Exposure وقراءتها وكذلك الدقة في تحويل هذه القراءات إلى شكل من المعلومات يمكن للمستغلين بالمناخ استخدامه .

## عمليات الرصد بواسطة الأقمار الصناعية :

### -Satellite Observations

عندما نقوم بالتعامل مع البيانات والقياسات والملاحظات التي تم جمعها عن طريق الرصد بواسطة الأقمار الصناعية ، فإنه تظهر لنا عدة مشاكل ، فمثلاً نجد أن القمر الصناعي هو في الواقع محطة لأجهزة القياس تعمل بالاستشعار عن بعد Remote Sensing Measurements وجهاز القياس هذا والذي قد يستخدم في قياس درجات الحرارة السطحية أو الجوية أو كميات بخار الماء في طبقات الجو المتعاقبة ، فإنه يقوم في الواقع بعمل صورة رقمية للسحب ولسطح الأرض ، وذلك عن طريق استشعار الإشعاع المنبعث أو المنعكس Reflected من الجسم الذي يتم قياسه سواء كان السحب أو سطح الأرض ، وعليه تظهر هنا مشكلة وهي التأكد من أن جهاز القياس يقوم بالفعل بقياس الجسم المراد قياسه عن طريق التسجيل .

بالإضافة لذلك هناك مشكلات خاصة بانتقال الإشعاع عبر الغلاف الغازي ، مما قد ينعكس أثره على القياس نفسه ، وهي مشكلات ليست مستحيلة الحل ، ولكن بشيء من العناية الواجب اتباعها عند القياس تخرج القياسات عالية الدقة مما يساعد على الاستفادة العالية عند استخدامها ، وتعتبر النتائج المقاسة في هذه الحالة — بعد تصحيحها — عند القيمة التكاملية لمنطقة الرؤية التي يغطيها جهاز القياس Radiometer بأكملها ، والتي قد تبلغ مساحتها عدة كيلو مترات مربعة ، وبالتالي فإنها تختلف تماماً عن القياسات السطحية.



ومع كل هذا فإن للقياسات التي تأتي من الأقمار الصناعية ميزة كبيرة على الرغم مما يبذل من جهد في استخدام الأقمار الصناعية ، وهو أنها تمكن الباحثين من دراسة بعض المناطق النائية التي لا تتوفر بها محطات أرضية تستقي منها معلومات مناخية ، هذا إلى جانب أن الأقمار الصناعية تغطي سطح الأرض بشكل مستمر .

### - نظام المناخ : The climate system

يتمثل الفهم الحالي لأحوال المناخ وكذلك لعلم المناخ ذاته في طريقة النظر إليه ، ولفهم نظام المناخ فإنه من الواجب الربط بين أجزاء الجو المختلفة بما يكتنفها من ظواهر مناخية مع الأوساط المتعددة والموجودة تحته للوصول إلى صورة المناخ المتكاملة . وهذا ما يتضح من الشكل رقم (١). وفهم المناخ كنظام ليس جديداً تماماً إلا أن التركيز على تأثير سطح الأرض يضيف بعداً جديداً ذو أهمية خاصة ، فلقد اتضح أنه من المستحيل فهم تدفقات ودورات الطاقة والمادة في الغلاف الجوي دون اعتبار الأرض التي تقع تحته .

وإذا أخذنا في الاعتبار تبادلات الطاقة كأساس أو نقطة بداية للإطار العام لدراسة علم المناخ ، فإنه من الواجب الوضع في الاعتبار تأثيرات سطح الأرض على هذه التبادلات فمثلاً يستمد الجو حرارته من أسفل أى من سطح الأرض بعد أن يمتص سطح الأرض الطاقة الشمسية من الموجات القصيرة ويحولها إلى موجات طويلة حرارية ، ونتيجة اختلاف الأسطح على اليابس والماء في طريقه استقبال الطاقة الشمسية ، فالجليد والثلوج مثلاً



أسطح تعكس معظم هذه الطاقة ، بينما ترتفع درجة سطح الأرض العارى بدرجة كبيرة إلى حد ما ، أما المحيطات فإنها تقوم بامتصاص هذه الطاقة وتخترنها دون ارتفاع ملحوظ في درجة حرارتها ، وقد تتحرك هذه الطاقة المختزنة في المحيطات من مكان إلى آخر بحيث يعاد توزيعها بواسطة تيارات المحيطات Ocean Currents أو قد تهبط إلى أعماق كبيرة ثم تعود إلى السطح وتتطلق منه بعد عدة سنوات .

### ٢- الغلاف الجوى : The atmosphere

نطلق اسم الغلاف الجوى على الغلاف الغازى الذى يحيط إحاطة تامة بالكرة الأرضية ، والذى يمتد فوق سطحها من يابس وماء بسمك لم يتم تحديده بدقة حتى الوقت الراهن ، على الرغم من الأجهزة الحديثة المتطورة التى يستخدمها الباحثين في دراسة هذا الغلاف ، وذلك لكشف أسرارهِ ومكوناتهِ سواء في الجزء السفلى منه القريب من سطح الأرض ، أو في أجزائه العليا البعيدة جداً عن سطح الأرض ، والتى توجد بها ظواهر جوية تحدث في طبقات الجو العليا ، مما يدل على وجود الهواء على ارتفاعات بعيدة من سطح الأرض ، ومن بين هذه الظواهر الشفق والنيازك والشهب وكذلك الظاهرة المعروفة بالفجر القطبى أو ( أورورا Aurora ) ، وقد تسمى بالوهج القطبى أو أنوار الشمال . وتتمثل هذه الظاهرة في تلك الخيوط أو الستائر المضيئة التى تتدلى نحو سطح الأرض من ارتفاعات تتراوح بين مائة وألف كيلو متر .



كما أن طبقة الأيدروجين الذرى التى تتكون من ذرات الأيدروجين، والتى يمكن اعتبارها أعلى طبقة فى الغلاف الجوى المحيط بالكرة الأرضية قد تصل حدودها الخارجية ( العليا ) إلى حوالى عشرة آلاف كيلو متر. هذا إلى جانب أن ذرات الأيدروجين التى تدور حول الكرة الأرضية والتى يمكن اعتبارها تابعة للغلاف الغازى للأرض ، أحياناً يصل ارتفاعها إلى حوالى ٣٥ ألف كم .

### أ - تركيب الغلاف الجوى :

يتركب الغلاف الجوى فى جزئه السفلى من سطح الأرض من الهواء الحقيقى ، والذى يتركب عندما يكون جاف ونقى من عدة عناصر غازية متحدة مع بعضها بنسب معينة ، وأهمها النيتروجين ( الأزوت ) والأكسجين اللذان يمثلان معاً حوالى ٩٩ ٪ من حجم الهواء (٧٨ ٪ نيتروجين و ٢١ ٪ أكسجين)، أما ما تبقى ولا يمثل إلا حوالى ١ ٪ فيضم باقى العناصر الغازية الأخرى التى أهمها الأرجون Argon (٠,٨ ٪) وثانى أكسيد الكربون ( ٠,٣ ٪ ) والأيدروجين Hydrogen (٠,٠١ ٪)، وعدد آخر من الغازات التى تمثل تقريباً نسبة ضئيلة جداً مثل النيون والأزون.

والنسب السابقة التى يتركب منها الهواء ثابتة فى كل مكان عند سطح الأرض ، وذلك باستثناء ثانى أكسيد الكربون الذى يتغير تغيراً طفيفاً على حسب توفر مصادره وأهمها عمليات الاحتراق والتلوث فى المناطق الصناعية والمدن المزدحمة ، أو طبقاً لزيادة استخلاصه من الجو أو عدم

استخلاصه حسب الفترات الزمنية على مدار السنة حيث تزيد نسبته في الجو في فصلى الخريف والشتاء مع توقف نمو النباتات ، وتقل نسبته في الجو في فصلى الربيع والصيف مع ازدهار عملية النمو .

وينطبق هذا أيضاً على عنصر الأوزون ، وهو شكل من الأشكال التى يتحول إليها الأوكسجين ، إذ تتغير نسبته تغيراً طفيفاً مع تغير الأحوال الجوية ، حيث ترتفع نوعاً ما في الجو المضطرب عنها في الجو الساكن ، كما تقل نسبته مع تزايد الملوثات الهوائية كما هو واقع الآن .

وعلى وجه العموم ، يتغير تركيب الهواء تدريجياً — كلما زاد الارتفاع — حيث تتناقص نسب العناصر الغازية الثقيلة وهى النيتروجين والأوكسجين وثانى أوكسيد الكريون أثقل الغازات وزناً ، بينما تزايد نسب عناصره الخفيفة مثل الأيدروجين والهيليوم والنيون ، وإن كانت لا تلبث هى الأخرى أن تتناقص في القطاعات العليا حتى تختفى تقريباً على ارتفاع يتراوح بين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ كم ، وهو أعلى ارتفاع للغلاف الغازى .

كما يقدر أن حوالى ٥٠ ٪ من الوزن الكلى للغازات التى يتألف منها الغلاف الغازى تتجمع في الجزء الأسفل حتى ارتفاع ستة كيلو مترات، وأن حوالى ٢٥ ٪ من هذا الوزن يوجد في الستة كيلو مترات والنصف التى تعلو ذلك مباشرة.

وإن كان الغلاف الجوى يتרכب أساساً من العناصر الغازية السابقة، فإنه يحتوى في مكوناته نسب متباينة من الغبار وبخار الماء ، وهى مواد عالية تتفاوت كمياتها ومعدلاتها من مكان إلى آخر ، ومن وقت لآخر على

حسب توافر مصادرها ، ومع تزايد الارتفاع تتناقص نسب هذه المواد خصوصاً الغبار . ويمتلك كل من بخار الماء والغبار أهمية مناخية خاصة ، فبخار الماء هو مصدر كل مظاهر التكاثف ، من سحب ويرد وضباب وندى وصقيع وتلج وأمطار ، وتختلف نسب هذه المظاهر حسب توافر مصادر بخار الماء وأهمها المسطحات المائية التى تساعد على زيادة نسبة الرطوبة ( بخار الماء ) نتيجة ما يتبخر من مياهها ويضاف إلى الهواء .

بينما يتكون الغبار من كل الجزيئات والحبيبات الصلبة التى يحملها الهواء ، وأهمها جزيئات الأتربة والرمال الناعمة والأملاح ، وحبوب اللقاح المتطايرة من الأشجار وجزيئات النباتات الجافة والرماد والغبار المنطلق من فوهات البراكين ، هذا إلى جانب الغبار الكونى المتخلف عن احتراق كل من الشهاب والنيازك .

ويمثل الغبار أهم الملوثات الطبيعية للهواء ، كما أنه هو مصدر النويات التى يتكاثف عليها بخار الماء في الهواء ، كما وأنه يساعد الهواء على امتصاص الحرارة من أشعة الشمس أثناء النهار وعلى سرعة فقدانها بالإشعاع أثناء الليل . ويشارك مع بخار الماء في إحداث بعض الظواهر الضوئية المعروفة مثل الشفق الذى يظهر عادة عند غروب الشمس وأحياناً عند شروقها .

وتبعاً لاختلاف الخصائص العامة لأجزاء الغلاف الجوى ، وتنوع الغازات فيه من ارتفاع إلى آخر أمكن تصنيفه إلى :





## ١ - طبقة التروبوسفير : Troposphere

ويقصد بها الجزء الأسفل من طبقات الغلاف الجوى ، والتي ينحصر بين سطح الأرض وارتفاع ١٢ كم فى المتوسط ، وتضم هذه الطبقة حوالى ثلاثة أرباع وزن الغلاف الجوى ، وتتميز بأنها أكثر طبقات الغلاف الجوى إضطرابا خاصة بالجزء السفلى منها ، والذي يمتد إلى مسافة حوالى ثلاثة كيلو مترات ، وهى الطبقة التى تحدث بها كل أو معظم الظواهر الجوية ، والتى تتحكم فى توزيع الطقس والمناخ على سطح الأرض. ونقل درجة الحرارة فى داخل هذه الطبقة مع الارتفاع إلى أعلى وبمعدل ١ م لكل ١٥٠ متراً ، وينتظم هذا التناقص فوق مستوى ثلاثة كيلو مترات من سطح البحر، وبالتالي يمكن تقسيم طبقة التروبوسفير إلى قسمين فرعيين هما :

أ - الجزء السفلى : يبلغ سمك هذا الجزء الأول ثلاثة كيلو مترات ، ويتميز باضطرابه وعدم انتظام توزيع الحرارة بين أجزائه نتيجة لملامسته سطح الأرض ، مع تفاوت تأثيره باليابس والماء ، هذا إلى جانب تأثيره بالإشعاع الأرضى وذبذباته ، كما يتميز أيضاً بارتفاع ضغطه وحدوث حركات انقلابية فى هوائه مما قد يؤدى أحيانا وفى بعض الجهات - مثل المناطق الصحراوية - إلى ارتفاع بعض المواد العالقة بالهواء كالأتربة أو الغبار .

ب - الجزء العلوى : ويقع فوق مستوى الثلاثة كيلو مترات من سطح البحر وهو أكثر استقراراً أو انتظاماً بالمقارنة بالجزء السفلى. ففي هذا الجزء تنخفض درجة الحرارة بمعدل منتظم يبلغ حوالى ١ م لكل ارتفاع

قدره ١٥٠ متراً ، كذلك ينخفض الضغط الجوى وتزيد سرعة الرياح بالتدرج حتى مستوى ١٢ كيلو متر فوق سطح البحر ، حيث يصل الضغط الجوى إلى ٢٠٠ ملليبار وتصل سرعة الرياح إلى ١٤٤ كم / ساعة ، ويطلق على هذه الرياح اسم التيار النفاث Jet Stream ، ويكون اتجاهه عادة من الغرب إلى الشرق في نطاق هبوب الرياح العكسية ومن الشرق إلى الغرب في نطاق هبوب الرياح التجارية .

ويتكون الغلاف الغازى في طبقة التروبوسفير من خليط من جميع الغازات المعروفة في الطبيعة ، والتي تتمثل في الأزوت ( النيتروجين ) والأكسجين والذي تبلغ نسبتهما : حوالى ٩٩ ٪ من وزن الهواء ، وتسمى هذه الغازات باسم الغازات الدائمة أو الثابتة في الهواء ، وذلك لثبات نسبة كل منهما في الهواء إلى حد كبير وعدم تغيرها إلا قليلاً جداً .

أما الغازات الأخرى التى يتألف منها الغلاف الجوى في طبقة التروبوسفير فتتمثل في مجموعة من الغازات النادرة تشتمل - كما سبق القول - على الأرجون والنيون وغيرها ، أما الغازات الخفيفة مثل الهيدروجين والهيليوم فتوجد في طبقة التروبوسفير بنسب قليلة جداً . هذا بالإضافة إلى غاز ثانى أكسيد الكربون الذى تتذبذب نسبته . هذا إلى جانب المواد العالقة والمتمثلة في بخار الماء وجزيئات الغبار ، وتختلف نسبة هذه المواد من مكان إلى آخر ومن وقت إلى آخر ، وهى تعتبر الأساس في نشأة معظم الظواهر الجوية الأخرى مثل الحرارة والرطوبة والضغط الجوى .

وفى أعلى طبقة التروبوسفير توجد طبقة ساكنة تعرف بطبقة



التروبوبوز Tropopause وتُفصل هذه الطبقة قليلة السمك بين طبقتي التروبوسفير والستراتوسفير ، وتتميز بأن درجة حرارتها منخفضة جداً حوالى (٥٥° م) ولا تتناقص بها الحرارة تناقصاً محسوساً بالارتفاع .

## ٢- طبقة الاستراتوسفير : Stratosphere

وقد أطلق عليها هذا الاسم بسبب تجانس درجة حرارة الهواء بها كما أنها تخلو من كل أشكال العواصف والأعاصير داخل نطاقها تماماً ، وهي أكثر سمكاً من طبقة التروبوسفير ، وإن كان سمكها يقل عند خط الاستواء حتى يكاد يختفى تقريباً ، ودرجة حرارتها منخفضة بشكل عام ، وإن كانت لا تتناقص كثيراً بالارتفاع ، وتمتد هذه الطبقة في المتوسط ما بين ١٢ - ٨٠ كم ، وتندعم بها الغازات الثقيلة والمواد العالقة ، وعلى العكس مما هو معروف من تناقص درجة الحرارة بالاتجاه من خط الاستواء نحو القطبين في طبقة التروبوسفير ، فإن الحرارة تزداد في طبقة الاستراتوسفير بالاتجاه من خط الاستواء نحو القطبين .

وتتضمن هذه الطبقة خلالها طبقة الأوزون Ozone layer ويطلق عليها أحياناً اسم الاستراتوبوز Stratopause ، ويبلغ متوسط ارتفاعها في العروض الوسطى حوالى ٢٠ كيلو متراً ، وفي هذه الطبقة تتجمع أعلى نسبة من غاز الأوزون الموجود في الجو . وهي الطبقة التى يتأثر فيها الأوكسجين الموجود في الهواء بالأشعة فوق البنفسجية التى تنبعث من الشمس في شكل موجات قصيرة فيتحول من أوكسجين ثنائى الذرات  $O_2$  إلى أوكسجين ثلاثى الذرات  $O_3$  أو ما يعرف بالأوزون .

وفى أثناء عملية تحول الأوكسجين إلى أوزون تتحول الأشعة فوق البنفسجية إلى أشعة تحت حمراء ، وينبعث منها حرارة شديدة ولكن الأوزون يمنع وصولها إلى سطح الأرض ، حيث تمتص هذه الطبقة بعض الحرارة بينما يتبدد الباقي في طبقات الجو العليا ، وبهذا تكون الأرض في حماية من تأثير هذه الحرارة المدمرة لكل شيء ، وما يصل من حرارة الشمس إلى سطح الأرض ضرورى لقتل الجراثيم الضارة وبالتالي يحافظ على صحة الكائنات الحية .

### ٣ - طبقة الميزوسفير : Mesosphere

وفى هذه الطبقة تتناقص درجة الحرارة بحيث تبلغ حدها الأدنى حوالى ٧٠م في أعلى أجزاء هذه الطبقة وعلى ارتفاع يتراوح ما بين ٧٠ إلى ٧٥ كيلو متراً ، وفى خلال هذه الطبقة تحترق الشهب والنيازك والتي تندفع من الفضاء الخارجى في اتجاه سطح الأرض ، وأحياناً يحلو للبعض أن يطلق على هذه الطبقة اسم الطبقة المكهربة Electric Layer ويفصل بين طبقة الميزوسفير والنطاق الثانى أو نطاق الهيتروسفير أو طبقة الأينوسفير Inosphere خط يعرف باسم الميزوبور Mesopause .

### ثانياً : طبقة الهيتروسفير : Heterosphere

وهى التى تمثل الجزء العلوى من الغلاف الجوى ، ويعرف هذا الجزء أحياناً باسم الثرموسفير Thermosphere ، والتى تتميز عموماً بارتفاع درجة حرارتها التى قد تصل في الأجزاء العليا من هذه الطبقة إلى

أكثر من ١٠٠٠ مئوية ، لأن هذه الطبقة تمتص درجة حرارتها مباشرة من الشمس وليس من الأرض — كما هو الحال في الطبقة السفلى (الهوموسفير)، هذا إلى جانب ما يرتد إليها من طبقة الأوزون ، وتمتد هذه الطبقة من ارتفاع حوالى ٨٠ كيلو متراً وحتى نهاية الغلاف الجوى .

ويسمى الجزء السفلى من هذه الطبقة باسم طبقة الأينوسفير Inosphere ، والتي يتراوح سمكها ما بين ٨٠ إلى ٣٥٠ كيلو متراً ، وتضم هذه الطبقة خلالها غازات خفيفة ، ولذلك يوجد بها غازا الهيدروجين والهيليوم ، ولذلك يرى العلماء أن هذه الطبقة مخلخلة الضغط جداً إلى حد الاقتراب من الفراغ ، وهذا ما يعطيها بعض الخصائص الكهربائية التي تجعل لها القدرة على عكس الموجات اللاسلكية القصيرة نحو الأرض ، كما تنتقل خلالها أيضاً بعض الإشعاعات المغناطيسية والكهربائية نحو القطبين فتؤدى إلى وجود شحنات كهربائية في أعلى الجو فتعمل على ظهور الوهج المشهور بالوهج القطبي " الأورورا Aurorae — كما سبق ذكره .

وقد كانت معلوماتنا عن تلك الطبقة قائمة على الملاحظة والاستنتاج والمقارنة ، وذلك لأن أجهزة القياس والرصد والتسجيل العادية لم تكن لتتعدى في ارتفاعها أكثر من مستوى ٣٥ كيلو متراً فوق سطح البحر ، ولكن ومع التقدم الكبير في أبحاث الفضاء وإطلاق الأقمار الصناعية قد ساعد على توفير كثير من المعلومات ذات الفائدة في دراسة هذه المستويات المرتفعة .

ومما تقدم يمكن القول أن جميع الظواهر المناخية التي تهمنا في



دراسة الجو والمناخ تحدث كلها في الجزء الأسفل من الغلاف الغازى أى داخل طبقة التروبوسفير الملامسة لسطح الأرض ، وإذا ما قلنا مثلاً عند دراسة بعض عناصر المناخ مثل الأمطار والسحب وغيرها من مظاهر التكاثف أنها تحدث في طبقات الجو العليا ، فإن معنى ذلك أن هذه المظاهر تتم في الجزء العلوى من طبقة التروبوسفير أو أعلى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى .

### ب - أجهزة الرصد ونموذج المرصد العادى :

تتقسم أجهزة الرصد الجوى في محطات الأرصاد الجوية (المراصد) في الوقت الحاضر إلى مجموعتين احدهما مجموعة الأجهزة التقليدية البسيطة وبعضها أجهزة حديثة ومعقدة ، وما نحاول التعرف عليه والتعامل معه هو الأجهزة البسيطة التقليدية التى تستخدم عادة في كل المراسد والتي تنقسم إلى نوعين هما :

١ - أجهزة تتم قراءة نتائج القياس منها مباشرة بواسطة الراصد أو أى فرد آخر، وتضم هذه الأجهزة كل أنواع الترمومترات ، والبارومترات، والهيدرومترات ( أجهزة قياس المطر ) والهيجرومترات ( أجهزة قياس الرطوبة ) وأجهزة قياس التبخر .

٢ - أجهزة التسجيل الآلى ( الأتوماتيكى ) ، ويتم التسجيل بها عن طريق تسجيل نتائج القياس بشكل مستمر بالرسم البيانى على خرائط خاصة ، وتتميز هذه الأجهزة عن غيرها بأن نتائجها ليست معرضة للأخطاء البشرية ، وأنها تعطى تسجيلات مستمرة للعناصر المناخية بحيث يمكن حفظ

خرائطها في سجلات خاصة للرجوع إليها والاستفادة بها في أوقات لاحقة ،  
ومن أشهر هذه الأجهزة : مسجل الضغط الجوى (الباروجراف) ، ومسجل  
درجة حرارة الهواء ( الترموجراف ) ومسجل الرطوبة  
(الهيجروجراف) وجهاز تسجيل سرعة الرياح (الأنيمومتر) وأجهزة قياس  
المطر وغيرها.

وباستثناء أجهزة قياس الضغط الجوى التى لا يشترط وضعها في  
المرصد نفسه ، بل توضع عادة في إحدى الحجرات المجاورة له ، فإن كل  
الأجهزة الباقية تقريباً توزع بترتيب خاص على المساحة المخصصة  
للمرصد. وإن كان يشترط لبعض هذه الأجهزة أن توضع معرضة للجو  
مباشرة مثل أجهزة قياس المطر والإشعاع الشمسى ، والوعاء المستخدم  
لقياس التبخر ، فإنه من الواجب وضع أجهزة أخرى داخل كشك خشبي  
خاص يحميه من أشعة الشمس ومن الرياح ، ولكنه لا يفصل هذه الأجهزة  
عن الهواء الجوى ، ومن أشهر هذه الأجهزة : أجهزة قياس درجات الحرارة  
( الترمومترات والترموجراف ) وأجهزة قياس رطوبة الهواء .

ونجد أن المرصد البسيط له عدة مواصفات من أهمها ما يلى :

أن تكون أرضه مستوية ، وبعيدة عن أى مبان أو أشجار أو أى  
عوائق أخرى ، قد تؤثر على حركة الرياح وتوزيع كمية الإشعاع الشمسى  
على المرصد ، وغالباً ما تكون مساحة القطعة التى يقام عليها المرصد  
حوالى  $6 \times 9$  أمتار .

يجب أن تتميز أكشاك الرصد المخصصة لحفظ أجهزة قياس درجة



الحرارة والرطوبة على الرغم من اختلافها من حيث الأحجام بعدة مواصفات تشترك فيها جميعاً وهي :

أ - أن تكون أجهزة الرصد داخل هذه الأكشاك مرتفعة ارتفاعاً كافياً عن سطح الأرض حتى لا تتأثر درجة الحرارة داخلها بالإشعاع الأرضي أو بالغطاء النباتي أو بالغطاء الجليدي، وغالباً ما يكون البعد بين قاعدة الكشك وسطح الأرض في الغالب حوالى ١٤٠ سم إلى ٢٠٠ سم .

ب - أن يستجه باب الكشك نحو الشمال ( في نصف الكرة الشمالي ) ونحو الجنوب (في نصف الكرة الجنوبي)، حتى لا تدخله الشمس عند فتحه فتؤثر أشعة الشمس على أجهزة القياس داخله .

ج - أن تصنع جوانب الكشك وبابه من الخشب المزدوج ( مثل شيش النوافذ ) حتى لا تسخن هذه الجوانب عند سقوط أشعة الشمس عليها ، وتساعد في نفس الوقت على تهويته .

يمكن أن يضم المرصد بعض الترمومترات الخاصة بقياس درجات حرارة التربة على أعماق متفاوتة ، وأخرى لقياس درجة حرارة سطح الحشائش .



Insolation

## الفصل الثاني

# الإشعاع

Insolation

## الفصل الثاني

### الإشعاع Insolation

يعرف الإشعاع بأنه انتقال الطاقة غير المجسمة وانتشارها كما هو الحال في الطاقة الحرارية والضوئية والكهرومغناطيسية ، وأحياناً يطلق على هذا النوع من الإشعاع اسم الإشعاع الأثيري، وعلى ذلك يمكن تقسيم الإشعاع إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي :

#### أولاً : الإشعاع الشمسي : Solar radiation

وينقسم بدورة إلى ثلاثة أنواع من الأشعة أيضاً هي :

##### ١- الأشعة فوق البنفسجية : Ultraaviolet Rays

##### ٢- الأشعة الضوئية : Light Rays

##### ٣- الأشعة الحرارية : Heat Rays

#### ثانياً : الإشعاع الأرضي : Earth's Radiation

#### ثالثاً : الإشعاع الجوي : Atmosphere's Radiation

ولكن قبل أن نتعرض لأي من هذه الأشعة بالدراسة والشرح يجب أن نؤكد أن المصدر الرئيسي لهذه الإشعاعات الثلاث هو الشمس، حيث أن الغلاف الجوي يستمد حرارته كلها تقريباً من جسم الشمس، فلا تساهم حرارة باطن الأرض في حرارة الغلاف الجوي بأى نصيب يذكر، حيث أن

سمك القشرة الأرضية كفيل بأن يمنع وصول الحرارة الباطنية إلى السطح، إلا في حالات نادرة عندما تجد حرارة الباطن منفذا لها إلى السطح الخارجى للقشرة الأرضية، كما هو الحال في فوهات البراكين والنافورات الحارة ، ومع ذلك فإن تأثير هذه الحرارة ضعيف جداً بالنسبة لتأثير الحرارة المستمدة من الشمس، تلك الكتلة الغازية الملتهبة البالغ حجمها حوالى مليون مرة حجم الكرة الأرضية، بينما يبلغ قطرها قدر قطر الأرض بأكثر من ١٠٠ مرة .

وتقدر درجة حرارة الإطار الخارجى للشمس بنحو ٧٠٠٠° مئوية بينما تصل درجة حرارة مركز الشمس إلى أكثر من ٢٠ مليون درجة مئوية ومن هذا الجسم الهائل الضخامة الملتهب تخرج أشعة قوية تصل إلى الأرض بعد مرورها في الفضاء الخارجى لمسافة ٩٣ مليون ميل ، ومن ثم لا يصل منها إلى سطح الأرض إلا واحد على ٢ ملليار من قوة الأشعة التى تخرج من الشمس، وهذا هو الجزء الذى يقوم بتسخين جسم الأرض وإمدادها بالضوء .

### أولاً : الإشعاع الشمسى : Solar radiation

كما سبق القول فإن الإشعاع الشمسى عبارة عن مجموعة من الإشعاعات الأثرية مصدرها الشمس وأنه يتألف من ثلاثة أنواع رئيسية من الأشعة هي

#### ١- الأشعة فوق البنفسجية : Ultraviolet rays

وهى أشعة غير مرئية ( أى لا يستطيع أن يراها الإنسان بعينه المجردة ) ، وتمثل هذه الأشعة ٩ ٪ من جملة الإشعاع الشمسى ، ويتراوح



طول موجاتها ما بين حوالى ٠,٢ إلى ٠,٤ ميكرون \* ولهذه الأشعة عدة فوائد منها أنها تساعد على نمو الكائنات الحية ، وكذلك تساعد في علاج بعض الأمراض كالسل والكساح ولذلك تقام المصحات وحمامات الشمس في المناطق الجبلية المرتفعة حيث الجو النقي والصفى ، والذي يساعد على وصول هذه الأشعة إلى سطح الأرض لأن العوالق ( الغبار ) يقلل من نسبتها .

## ٢- الأشعة الضوئية : Light rays

أشعة مرئية وهى التى تعرف بضوء النهار، وتؤلف حوالى ٤١ ٪ من أجمالى الإشعاع الشمسى ، وتتراوح أطوال موجاتها ما بين ٠,٤ - ٠,٧ ميكرون ، وتصل إلى أقصى حد لها فى منتصف النهار وتزيد في الصيف عنها في الشتاء ، وتتصل اتصالاً وثيقاً بنمو النباتات وعملية إزهارها ، وتتكون هذه الأشعة من ألوان متعددة أهمها البنفسجية والزرقاء والخضراء والصفراء والحمراء ، والتي ينتج عن اختلاطها مع بعضها تكون الضوء الأبيض الذى نعرفه بواسطة منشور زجاجى ، أو عند سقوط هذه الأشعة على السحب العالية وظهورها بشكل قوس ضوئى ملون يعرف باسم قوس قزح Rain Bow ، والذي ينتج عن انتشار هذه الأشعة فوق أسطح البلورات الثلجية المكونة للسحب العالية .

\* الميكرون = ١ / ١٠٠٠ من المليمتر ١ / ١٠٠٠٠٠٠ أو من المتر .

### ٣- الأشعة الحرارية : Heat rays

وتسمى أيضاً بالأشعة تحت الحمراء Infrared Rays وهى أشعة غير مرئية وتؤلف أعلى نسبة من نسب أشعة الإشعاع الشمسى ، حيث تمثل ٥٠ ٪ من أجمالى الإشعاع الشمسى وتتراوح أطوال موجاتها ما بين ٠,٧ إلى ٠,٨ ميكرون ، وهى بذلك أطول أنواع الأشعة والممثلة للإشعاع الشمسى من حيث الموجات .

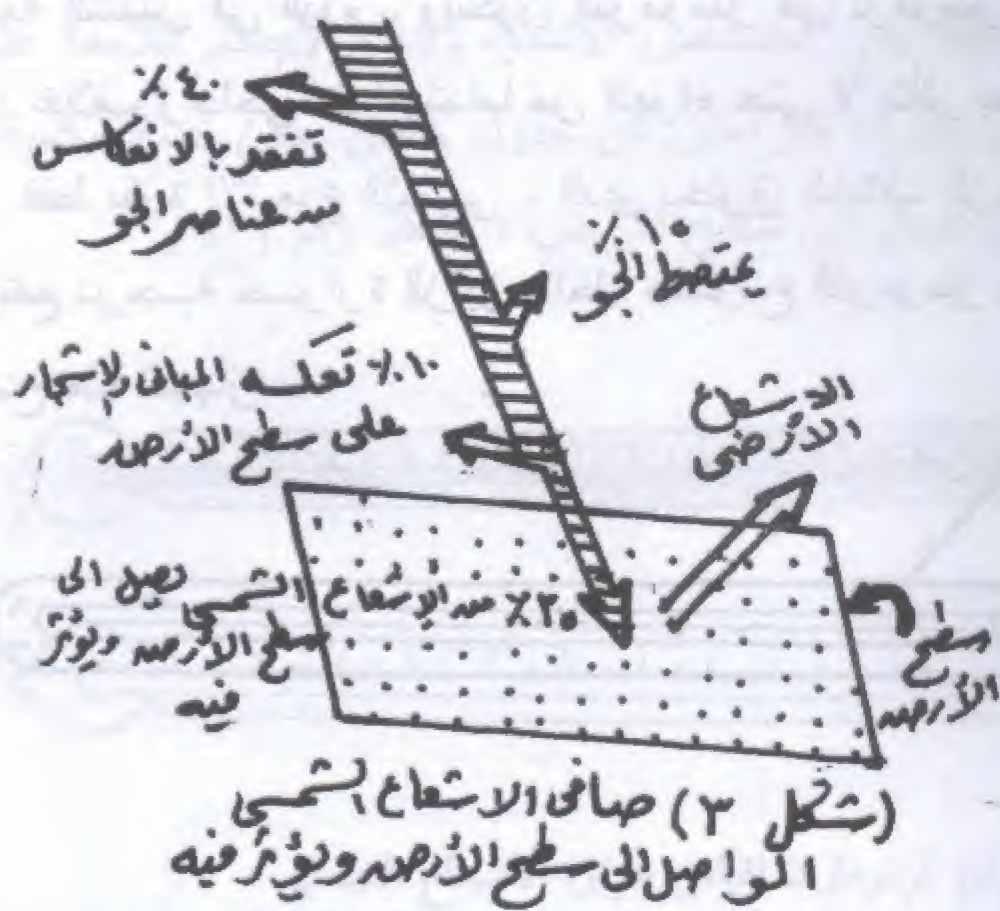
وتخرج هذه الأشعة كلها من جسم الشمس وتتدفع في الفضاء في شكل موجات تنتشر بسرعة الضوء المعروفة ( ٣١١ ألف كم / ثانية ) ، ولكن لا يصل إلى سطح الأرض من هذه الأشعة إلا القدر الضئيل والذى يقدر بحوالى جزء من ٢ مليار جزء ، ونجد أن هذا الجزء لا يصل كاملاً إلى سطح الأرض ، حيث أن الأوكسجين الذرى في طبقة الأيونوسفير وطبقة الأوزون يعملان على امتصاص جانباً من الأشعة فوق البنفسجية (حوال ٢,١ ٪ من الإشعاع الشمسى)، وكما يتضح من الشكل رقم ( ٣ ) .

فإن الإشعاع الشمسى يمثل ١٠٠ ٪ ، يفقد من هذه النسبة حوالى ٤٠ ٪ وذلك بالانعكاس من عناصر الجو ، بينما تقدر نسبة ما يمتصه الغلاف الجوى بما يحتويه من مواد عالقة حوالى ١٥ ٪ من الإشعاع الشمسى ، وكذلك يتم عكس ١٠ ٪ من مقدار الإشعاع الشمسى بواسطة المباني والأشجار وباقى الموجودات على سطح الأرض، ونجد أن هذه



النسبة تختلف من مكان لآخر وذلك لاختلاف طبيعة غطاء سطح الأرض، فمثلاً الجهات المغطاة بالحشائش تعكس ما بين ٣٪ إلى ١٠٪ من الأشعة التي تصل إليها، بينما يعكس السطح المغطى بالتلوج والجليد ما بين ٥٠٪ إلى ٩٠٪ من نسبة الإشعاع الشمسي الواصل إليها وهكذا، ومن ثم فإنه ما يصل إلى سطح الأرض من الإشعاع الشمسي ويؤثر فيه يبلغ حوالى ٣٥٪ من مقدار الإشعاع الشمسي.

### الإشعاع الشمسي - ١٠٪



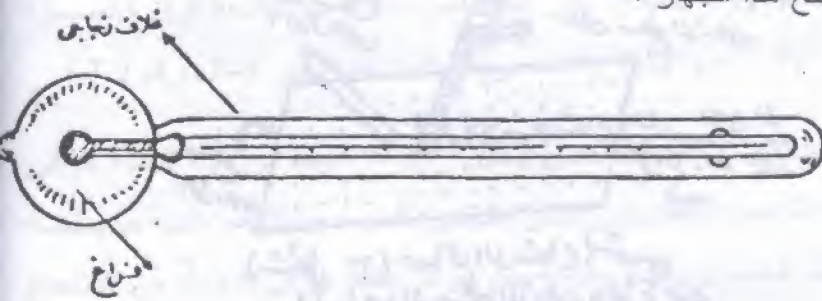


## أجهزة قياس الإشعاع الشمسي :

إن المطلوب في الدراسة المناخية عادة هو قياس الإشعاع الشمسي على أساس عدد ساعات سطوع الشمس في اليوم ثم حساب متوسطاتها ومعدلاتها الشهرية والسنوية ، هذا إلى جانب قياس قوة الإشعاع الشمسي ، ولذلك تستخدم في هذا القياس عدة أجهزة أهمها :

### ١- ترمومتر النهاية العظمى للإشعاع الشمسي :

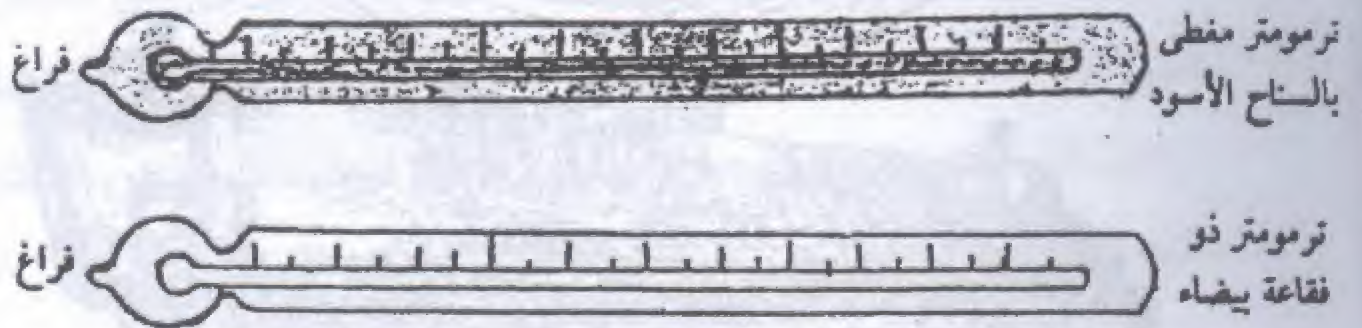
ويستخدم هذا الترمومتر لقياس النهاية العظمى للحرارة المستمدة من أشعة الشمس في اليوم . ويتكون الترمومتر من ترمومتر عادي موضوع داخل غلاف زجاجي مفرغ تماماً من الهواء حتى لا يتأثر بحرارة الجو ، بل يتأثر فقط بقوة الإشعاع الشمسي ، الذي يخترق الغلاف الزجاجي ، وبالتالي ترتفع درجة حرارة الزئبق داخل مستودع الترمومتر والشكل رقم (٤) يوضح هذا الجهاز .



الشكل رقم (٤) ترمومتر النهاية العظمى للإشعاع الشمسي

## ٢- جهاز الأكتينوميتر : Actinometer

يقوم هذا الجهاز بقياس تأثير الأشعة الشمسية على الأجسام المعتمدة والأجسام اللامعة ، وهو عبارة عن ترمومترين كل منهما محاط بغطاء زجاجي مفرغ من الهواء حتى لا يتأثر بحرارة الهواء المحيط ولكن بموجات الإشعاع الشمسي فقط ، وأحد هذان الترمومترات لكل منهما فقاعة واحدة مغطاة بمادة سوداء والثانية مغطاة بمادة لامعة ، تعرض كلا الفقاعتان لأشعة الشمس طوال مدة سطوعها، ويدل الفرق بينهما على قدرة الأجسام المعتمدة على امتصاص الأشعة، وقدرة الأجسام اللامعة على ردها، ومن خلال مقارنة القراءتين من جدول خاص يمكن حساب كمية الإشعاع الشمسي التي تصل إلي سطح الأرض ، الشكل رقم (٥) .



الشكل رقم (٥) ترمومترات لقياس حرارة الاشعاع الشمسي



### ٣- جهاز كامبل ستوكس : Compbell stokes

ويسمى الجهاز بمسجل مدة سطوع الشمس لقياس الفترة الزمنية التي تسطع فيها الشمس ويتركب الجهاز من الأجزاء التالية كما في الشكل رقم (٦) :



شكل (٦) جهاز تسجيل سطوع الشمس  
(كامبل إستوكس)



١- كرة من الزجاج النقي الشفاف قطرها حوالي ١٠ سم .

٢- حامل نصف دائري تثبت عليه الكرة الزجاجية بواسطة قطعتين من النحاس مستديرتين على امتداد محور الكرة ، ويلاحظ أن هذا الحامل يشترك في المركز مع الكرة كما أنه يحمل تدريجاً خاصاً بدرجات خطوط العرض .

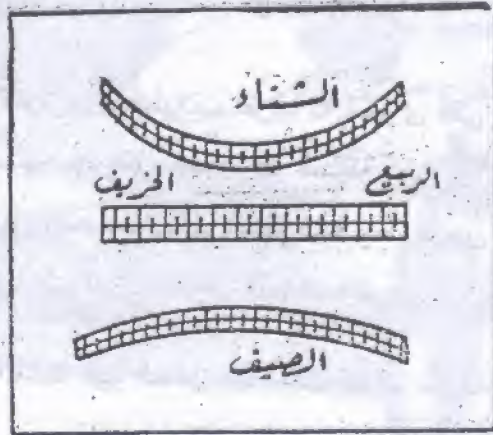
٣- مقطع من إناء معدني كروي حفر فيه ثلاثة أزواج من المجاري يدخل في أحدهما خرائط التسجيل المناسبة لفصل الشتاء ويدخل في الآخر خرائط الاعتدالين وفي الثالث خرائط الصيف، وقد صمم هذا المقطع بحيث تقع بؤرة الكرة الزجاجية التي تعمل كعدسة لامة على خرائط التسجيل دائماً .

٤- حامل على شكل متوازي مستطيلات تقريباً به مجرى أفقي محفور في منتصفه سهم، وترتكز المجموعة السابقة على هذا الحامل بواسطة مسمارين وبحيث يقابل السهم قيمة خط عرض المكان المعرض فيه الجهاز على تدرج الحامل النصف دائري .

٥- قاعدة متحركة مثبت فيها الحامل بها ثلاث فتحات طويلة ترتكز بواسطة مسامير محورية على قاعدة ثابتة وهذه القاعدة الأخيرة متصلة بالحامل الرأسى المثبت في الأرض .

### عمل الجهاز :

تعمل الكرة الزجاجية كعدسة لامة تجمع أشعة الشمس في بورتها ، ولما كانت الشمس تتحرك حركة ظاهرية من الشرق إلى الغرب فإن البؤرة تتحرك من الغرب إلى الشرق على الخريطة الخاصة بالتسجيل حيث تترك على هذه الخريطة خطاً محترقاً يتوقف طوله أو اتصاله على مدة سطوع الشمس طول اليوم . ونظراً لأن خط سير البؤرة يتغير بتغير درجة ميل أشعة الشمس في الفصول المختلفة فقد صممت الخرائط التي تستخدم في هذا الجهاز بثلاثة أشكال ، يستخدم أحدها في فصل الصيف والثاني في فصل الشتاء والثالث في الاعتدالين الربيع والخريف، كما يتضح من الشكل رقم ( ٧ ) .



(شكل ٧) ضرائط آلة تسجيل  
سطوع الشمس



#### ٤- جهاز بير هيليوميتير : Perheliometers

جهاز الكترونى حديث يستخدم لقياس الإشعاع الشمسى به لوحتان احدهما بيضاء والاخرى سوداء ، وفكرته بسيطة إذ أنه يقيس الفرق بين تأثير الأشعة على السطحين الأسود والأبيض ، على أساس أن اللون الأسود يمتص الأشعة أسرع من اللون الأبيض .

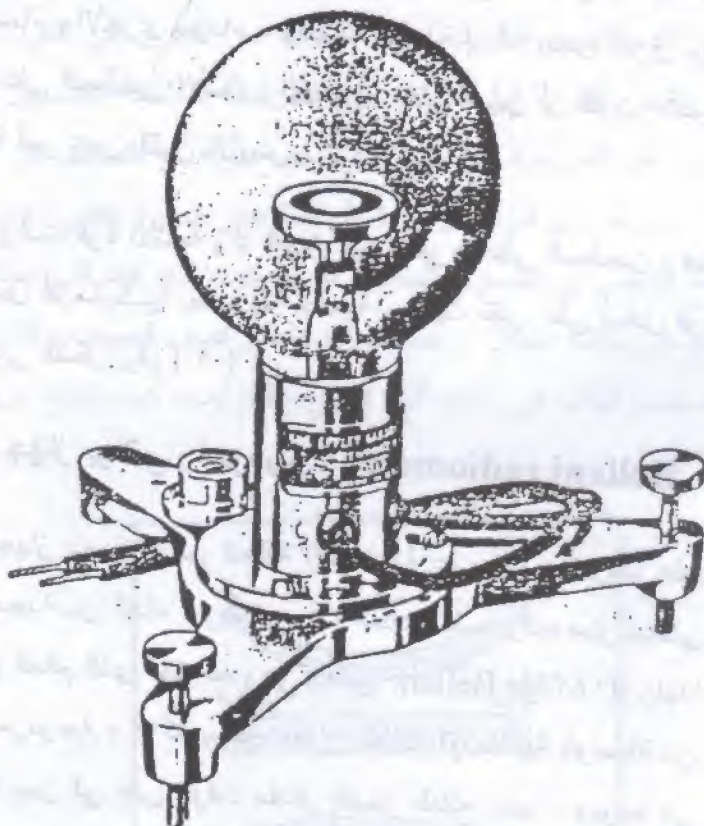
وكلما زادت قوة الأشعة زاد الفرق بين تأثيرها على السطحين وهذا الفرق يسجل أتوماتيكياً بطريقة خاصة ، بحيث تقدر على أساس قوة الإشعاع الشمسى الشكل رقم ( ٨ ) .

#### ٥- جهاز بيلانى راديوميتر : Bellani radiometer

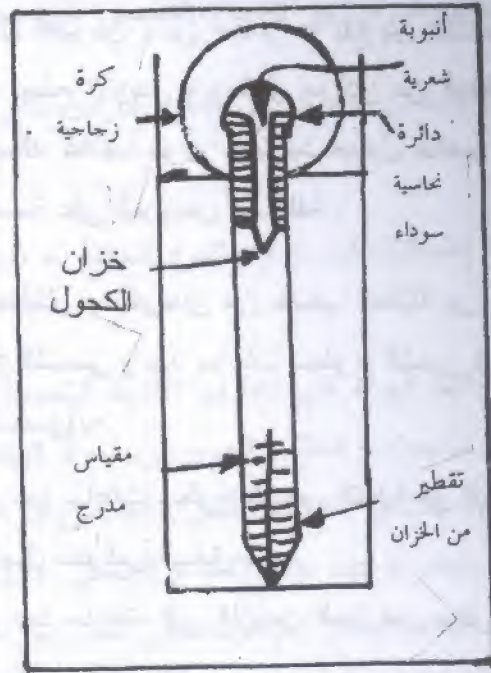
ويعرف هذا الجهاز بجهاز قياس الطاقة الإشعاعية على أساس قدرتها على تبخير مقادير معينة من الماء ، ويشتهر هذا الجهاز باسم راديوميتر بيلانى نسبة إلى اسم العالم الذى اخترعه وهو بيلانى Bellani (١٨٣٦). ولهذا الجهاز فائدة مزدوجة ، إذ أنه يسجل مقدار الطاقة الإشعاعية الواصلة من الشمس ، كما يبين في نفس الوقت مقدار التبخر الناتج عنها ، ويوجد في هذا الجهاز مستودع كروى محفوظ داخل كرة زجاجية ومتصل بأنبوبة شعرية يخرج منها البخار ليدخل في أنبوبة متسعة حيث يتكثف بها وتتجمع المياه الناتجة في طرفها حيث تقاس بواسطة مقياس مدرج موضوع فيها .



وهذا الجهاز يقرأ يومياً ، وعند إعادة استخدامه لابد أن يقلب ليعود كل الماء المتكثف إلى المستودع الشكل رقم ( ٩ ) .



شكل (٨) برجيلومتر



شكل (٩) فكرة جهاز بيلانى راديوميتر

## ٦- حساب الإشعاع الشمسى بالطرق الرياضية :

إلى جانب قياس الإشعاع الشمسى بالأجهزة السابقة ، فإنه يمكن حساب الطاقة الشمسية بالطرق الرياضية التى تدخل في حساباتها بعض المتغيرات من أهمها عدد الساعات التى تسطع فيها الشمس إلى جوار نسبة ما يغطى السماء من سحب ، ومن أجل ذلك استخدمت عدة معدلات من بينها المعادلة الآتية ، وهى عبارة عن معادلة انحدار خطى بسيط :

$$\frac{س}{س} = \frac{س}{س} + \frac{س}{س} \left( \frac{ع}{ن} \right)$$

وفيها تمثل القيم  $s$  ،  $s$  مقدار ما يقع من الأشعة الشمسية على سنتيمتر مربع من سطح الأرض ، ومقدار ما كان من الممكن أن يقع عليه إذا لم يكن هناك غلاف جوى . وتوجد جداول خاصة تبين مقدار هذا الإشعاع في أيام السنة على العروض المختلفة .

أما أ ، ب فتأبثان يستخرجان من حساب العلاقة بين المعدل الشهري لكل من الإشعاع الشمسى وعدد ساعات سطوع الشمس في المكان المراد حساب الإشعاع الشمسى به .

أما (ع) فهي عدد ساعات سطوع الشمس الفعلية في اليوم، كما اتضح من خلال جهاز كامبل ستوكس السابق ذكر .

أما (ن) فهي عدد ساعات التي كان من المفترض سطوع الشمس خلالها، وهي تعني طول النهار علي حسب ما هو معروف علي دوائر العرض المختلفة، كما اتضح من خلال الجدول رقم (١).

جدول رقم (١) أكبر طول للنهار في العروض المختلفة يوم ٢١ يونيو في نصف الكرة الشمالي:

دوائر العرض	صفر °	٤١ °	٦٣ °	٦٦,٥ °	٦٧ °	٧٨ °	٩٠ °
طول النهار (ساعة)	١٢	١٥	٢٠	٢٤	٣٠	٤	٦
					يوماً	أشهر	أشهر

وينطبق نفس الكلام علي نصف الكرة الجنوبي يوم ٢١ سبتمبر



- العوامل المؤثرة في توزيع الإشعاع الشمسي على سطح الأرض:

حيث أن الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض يتأثر بعدة عوامل من أهمها ما يلي :

١- طبيعة الغلاف الغازي والمواد العالقة به ، ويتوقف ذلك على عاملين هما :

أ- سمك طبقة الهواء التي تخترقها الأشعة الشمسية .

ب- مقدار ما يحتويه الغلاف الجوي من المواد العالقة وخاصة بخار الماء، الذي له القدرة على امتصاص قدرأ أكبر من الأشعة تحت الحمراء عند نفاذ الإشعاع الشمسي خلال الغلاف الجوي في اتجاه الأرض ، وقدرته على عكس جزء مما امتصه من شعاع الشمس في شكل إشعاع ذاتي نحو الأرض ، مما يساعد على رفع درجات حرارة الهواء ، هذا إلى جانب ماله من قدرة على امتصاص ٩٠ ٪ من الأشعة الحرارية التي يشعها سطح الأرض ، ويعني ذلك أن لبخار الماء في الهواء القدرة على تنظيم نفاذ كل من الإشعاعين الشمسي والأرضي ، وبالتالي يحفظ لسطح الأرض حرارته .

٢- تركيز أشعة الشمس أو الزوايا التي تصل بها أشعة الشمس إلى الأرض . نلاحظ أن شعاعاً يصل إلى سطح الأرض في زاوية مائلة تكون قوته أقل من إشعاع يصل عمودياً على سطح الأرض ، وذلك

لأن الإشعاع المائل يخترق مسافة أطول في الغلاف الجوى فيفقد جزءاً أكبر من قوته ، بينما الإشعاع العمودى الذى يخترق مسافة أقصر يفقد جزءاً أقل ، هذا فضلاً عن أن الأشعاع المائل يتوزع على مسافة أكبر من سطح الأرض فيقل تركيزه فى حين أن الإشعاع العمودى يتركز فى مساحة أصغر فتزداد قوته .

٣ - طول المدة التى تسطع فيها الشمس فوق الأفق ، ويتغير ذلك تبعاً للفصول وتبعاً للموقع بالنسبة لدوائر العرض، من هذا نستنتج أن كمية الحرارة التى تكتسبها الأرض أثناء النهار الطويل أكثر مما لو كان النهار قصير ، هذا فضلاً عن أن خطوط العرض الواحدة عادة تكتسب كمية واحدة من الحرارة ، وباختلاف خطوط العرض تختلف درجات الحرارة ، هذا إذا ما تساوت الظروف الأخرى التى تؤثر فى حرارة خط العرض .

### التوزيع الجغرافى للإشعاع الشمسى :

يؤثر الغلاف الجوى فى طاقة الإشعاع الشمسى بالنسبة للكرة الأرضية ، فهو يعمل على تقليل هذه الطاقة ، وأن جملة ما تكتسبه الأرض وجوها من هذه الطاقة فى السنة لا بد أن يتعادل مع جملة ما يرتد منها إلى الفضاء ، وأن هذا التعادل هو الذى يجعل للأرض ميزانية حرارية ثابتة من سنة لأخرى ، ولكن ليس معنى هذا التوازن أن تكون كل أجزاء سطح الأرض أو فى كل أيام السنة متعادلة فى مكسبها أو خسارتها للإشعاع الشمسى ، لأن



توزيع هذا الاشعاع يختلف من مكان لآخر ، ومن فصل إلى آخر نتيجة لتأثره بعدة عوامل أهمها ما يلي :

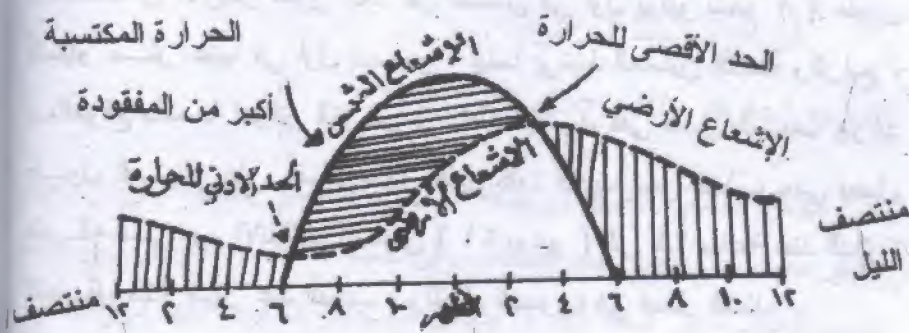
- ١- اختلاف الألبيدو الأرضي من مكان إلى آخر ومن وقت لآخر .
- ٢- اختلاف البعد بين الأرض والشمس على حسب الفصول خاصة في الصيف عنه في الشتاء .
- ٣- اختلاف طول الليل والنهار في العروض المختلفة وفي الفصول المختلفة كما سبق ذكره .
- ٤- اختلاف الزاوية التي تسقط بها أشعة الشمس على سطح الأرض .

ويختلف الألبيدو الأرضي من مكان إلى آخر ومن فصل إلى آخر على حسب كمية السحب ودرجة صفاء الجو وما يغطي الأرض من غطاء نباتي أو ثلوج أو جليد .. الخ كما سيرد ذكره ، أما عن العامل الثاني فإنه يلاحظ أن الأرض تكون أبعد عن الشمس في أول يوليو بنحو ٤,٨ مليون كيلو متر عنها في أول ديسمبر ، بينما يرتبط العاملين الثالث والرابع ، بالموقع بالنسبة لدوائر العرض ارتباطاً مباشراً، ففي فصل الصيف يتزايد طول النهار على حساب طول الليل كلما اتجهنا نحو القطب حتى يصل طوله في يوم الانقلاب الصيفي ( ٢١ يونيو ) إلى ٢٤ ساعة عند الدائرة القطبية وستة أشهر عند القطب ، وتتبدل الصورة في فصل الشتاء .

ومما تقدم نرى أن معدل الاشعاع الشمسي السنوي يبلغ أقصاه عند خط الاستواء ، ويبدأ في التناقص في الاتجاه نحو القطبين ، ويقدر أن مقدار الاشعاع الشمسي الواصل إلى الأرض عند خط الاستواء يبلغ أربعة أمثاله



ويختلف الاشعاع الأرضي عن الاشعاع الشمسي في أن أشعته غير مرئية وحرارية وطويلة (يتراوح طول موجاتها ما بين ٣ إلى ٨٠ ميكرون) بينما تتفاوت أطوال موجات الاشعاع الشمسي ما بين ٠,١٧ إلى ٤,٠ ميكرون، ويتميز كذلك الاشعاع الأرضي عن الاشعاع الشمسي بأنه يستمر طوال الأربع والعشرين ساعة (طول اليوم - ليلاً ونهاراً) في حين أن الاشعاع الشمسي يبدأ مع شروق الشمس وينتهي عند غروبها ، كما يتزايد الاشعاع الأرضي تدريجياً بعد شروق الشمس ويبلغ أقصاه بعد الظهر (الزوال) بقليل ، ويرجع ذلك لأن الأرض تستمر محافظة على حرارتها فترة من الوقت بعد تعامد الشمس في وقت الزوال ، بينما يأخذ الاشعاع الشمسي في الهبوط تدريجياً بعد أن يمر وقت الزوال مباشرة ، وهذا يتضح من الشكل رقم ( ١٠ ) .



شكل (١٠) مقارنة بين كمية الإشعاع الشمسي والإشعاع الأرضي خلال اليوم

عند القطبين ، تتلقى المنطقة المدارية أكبر كمية من الاشعاع الشمسى الذى يصل إلى الأرض طوال العام ، ولا تظهر بين أجزائه فروق كبيرة مع اختلاف الفصول ، بينما يصل الاشعاع الشمسى إلى ذروته فى فصل الصيف فى العروض الممتدة فيما بين المدارين والدائرتين القطبيتين ، ويبلغ هذا الاشعاع أدنى حد له فى الشتاء فى نفس العروض ، أما من الدائرتين القطبيتين وحتى نقطتى القطب فانه يوجد فائض فى الأشعة فى فصل الصيف الذى يطول فيه النهار وينقص هذا جدا فى فصل الشتاء .

### ثانياً : الاشعاع الأرضى : The Earth's Radiation :

قبل أن يصل الاشعاع الشمسى إلى الأرض يكون قد فقد نصيباً كبيراً منه فى الغلاف الغازى البعيد وكذلك فى الغلاف القريب من سطح الأرض — كما سبق ذكره — بواسطة الامتصاص من ناحية والانعكاس من ناحية أخرى ، فالمعروف أن سطح الأرض يمتص قدراً من أشعة الشمس التى تسقط عليه بينما يرد الباقي إلى الفضاء بتأثير الألبيدو الأرضى ، ويقوم سطح الأرض بتحويل الأشعة الشمسية التى امتصها إلى طاقة حرارية تنطلق إلى الغلاف الجوى فى شكل موجات طويلة ، وبالتالي يستمد الغلاف الجوى حرارته من هذه الموجات الطويلة الصادرة من سطح الأرض فى الوقت الذى لم يستطع الهواء امتصاص الموجات القصيرة المكونة لأشعة الشمس عند احتراقها له ، ولذلك يمكن القول بأن الهواء يستمد حرارته من الاشعاع الأرضى .



## ثالثاً : الاشعاع الجوى : Atmosphere's Radiation :

يقصد بالاشعاع الجوى تلك الموجات الاشعاعية التى تنطلق من الغازات التى يتكون منها الغلاف الغازى وما به من المواد العالقة سواء كانت ذرات الغبار أو ذرات بخار الماء ، ويجب أن نعرف أن المصدر الأصيل لهذا الاشعاع الجوى هو ما استمدته مكونات الغلاف الغازى من الاشعاع الشمسى ( كما سبق القول ) ، وبعد ذلك تقوم الغازات والمواد العالقة باشعاعه مرة ثانية فى جميع الاتجاهات فى صورة اشعاعات حرارية وضوئية ، ويصل جزء من هذه الاشعاعات إلى سطح الأرض ، خاصة تلك الاشعاعات الحرارية التى تنطلق من بخار الماء وغاز ثانى أكسيد الكربون فى الغلاف الغازى ، ويوضح الجدول التالى النسب المئوية للاشعاعات التى تصل من الجو إلى سطح الأرض .

جدول رقم ( ٢ ) النسب المئوية للاشعاعات التى تصل سطح الأرض من الغلاف الجوى

المصدر	نسب الاشعاع الواصل لسطح الأرض من الغلاف الجوى
بخار الماء	من ٥٠ - ٦٥ %
ثانى أكسيد الكربون	٢٠ %
باقى الغازات والشوائب	من ١٥ - ٣٠ %



مما تقدّم نلاحظ أنه توجد علاقة واضحة بين كل من الاشعاع الشمسى من ناحية وكل من الاشعاع الارضى والاشعاع الجوى من ناحية أخرى ، ويطلق اسم ألبيدو Albedo على النسبة بين مجموع الطاقة التى يعيدها سطح الأرض وجوها إلى الفضاء وبين الطاقة التى تأتية من الشمس.

### — الألبيدو الأرضى: Earth's Albedo

يقصد بالألبيدو الأرضى قدرة كل من الأرض والجوى الكلية على رد الأشعة الشمسية إلى الفضاء دون أن يكون لها تأثير على حرارتهما ، حيث أنه من المعروف أن جزءاً كبيراً من الأشعة ينعكس إلى الفضاء بعد سقوطه على السطح العلوى للسحاب ، وكذلك بعد اصطدامها بذررات الغبار وبخار الماء العالقة بالجو ، أو تلك الأشعة التى تصل إلى سطح الأرض نفسه .

ويتكون الألبيدو الأرضى من القدرة الكلية لكل هذه الأجسام على رد الأشعة ، ولكن يتميز كل جسم منها بأن له ألبيدو خاص به ، ويمثل ألبيدو السحب أكبر ألبيدو عاكس للأشعة التى تصل إلى الغلاف الجوى للأرض حيث يعكس وحده ٤٠ ٪ من مجموع الأشعة الشمسية التى تصل إلى جو الأرض، ويأتى ألبيدو المواد العالقة فى الغلاف الجوى (الغبار— بخار الماء — ثانى أكسيد الكربون) فى المرتبة الثانية، حيث يعكس حوالى ١٥ ٪ من مجموع الأشعة الواصلة إلى جو الأرض ، بينما يقدر ما يعكسه ألبيدو سطح الأرض نفسه حوالى ١٠ ٪ ، أى أنه أقل من ألبيدو السحاب والمواد العالقة

بالغلاف الجوى ، ويبلغ مجموع الأشعة التى تعكسها هذه الأنواع الثلاث من الألبيدو حوالى ٦٥ ٪ من مجموع الأشعة التى تصل إلى سطح الأرض .

وبالتالى فإن ما يصل من أشعة إلى سطح الأرض فعلا يمثل حوالى ٣٥ ٪ من مجموع الأشعة الواصلة إلى الغلاف الجوى للأرض بعد أن فقد من هذه الأشعة ٦٥ ٪ من مجموعها ، ولكن هذه الكمية الواصلة فعلا إلى سطح الأرض والبالغة ٣٥ ٪ من مجموع الاشعاع الشمسى لا تنعكس جميعها إلى الغلاف الجوى بل يتوقف هذا بطبيعة الحال على غطاء سطح الأرض حيث أن كل غطاء من أغطية سطح الأرض لها قدرة مختلفة على عكس الاشعاع الشمسى وهذا ما سوف نتعرف عليه من الجدول التالى :

جدول رقم ( ٣ ) قيم الألبيدو لبعض أغطية سطح الأرض

قيمة الألبيدو ٪	غطاء السطح
٧	غابات دائمة الخضرة
١١	حقول خضراء
١٣ - ١٨	أسطح رملية
١٩	مراعى جافة
٥٥	سحب
٨٠ - ٩٠	ثلوج

ومما تقدم نلاحظ أنه توجد عملية كسب حرارى مستمرة من أشعة الشمس ، وأن هناك فى نفس الوقت عملية عكسية وهى عملية فقدان أو



خسارة مستمرة للإشعاع الشمسي ناتجة عن انعكاس الحرارة وارتدادها إلى الفضاء بسبب الألبيدو الأرضي وغيره من العوامل ، ويتضح بشكل جلي أن الحرارة المكتسبة لا تتوزع توزيعاً عادلاً على جميع أجزاء سطح الأرض ، بل أن بعض الأقاليم تكسب حرارة أكثر من أقاليم أخرى بحيث يكون بها وفرة حرارية ، وينطبق هذا على الأقاليم المدارية التي يظهر فيها الوافر الحراري كبير جداً ، بينما يكون المكسب صغير وفي بعضها الآخر بدرجة تؤدي إلى حدوث عجز حراري مستمر ، يظهر ذلك بوضوح في الأقاليم القطبية ، بينما يختلف الوضع في العروض المعتدلة التي يحدث تفاوت في المكسب والخسارة بين الصيف والشتاء ، ففي هذه العروض عادة ما يحدث وفر حراري في فصل الصيف بينما يحدث هناك عجز حراري في فصل الشتاء .

وعلى الرغم من الاختلافات في المكسب والخسارة بين الأقاليم بعضها البعض ، إلا أنه توجد ميزانية حرارية للأرض Earth's Heat Budget يجب أن يتعادل فيها تقريباً مجموع المكسب مع مجموع الخسارة من حرارة أشعة الشمس ، ويحدث التعادل نتيجة لوجود عدد من العناصر الجوية التي تؤدي إلى حدوث تبادل حراري بين الأقاليم بعضها والبعض الآخر مثل حركة الرياح السطحية والعلوية ، والتي تتوقف أساساً على اختلاف الضغط الجوي على سطح الأرض ، هذا إلى جانب بعض العوامل الأخرى مثل التيارات البحرية الدفيئة والباردة وغيرها .



ونتيجة لهذا التبادل فان التوازن الحرارى فى جو الأرض على مر السنين ، انما يرجع إلى أن الطاقة التى تكتسبها الأرض وجوها من الاشعاع الشمسى المباشر تردها بنفس القيمة إلى الفضاء فى صورة اشعاعات أثرية حرارية ، وعلى هذا الاساسى يمكن تفسير حدوث العصور الجليدية على سطح الأرض بأنه كان نتيجة لاختلال أصاب هذا التوازن الحرارى لسبب ما أدى إلى نقص نسبة ما يرد من الاشعاع إلى سطح الأرض أو زيادة ما يتبدد من اشعاع الأرض وجوها إلى الفضاء ، إذ أن أيهما أو كليهما مما يؤدى إلى اختلال التوازن للميزانية الحرارية للأرض ، وبالتالي حدوث خسارة فى درجة حرارة الهواء ، واحتمال حدوث الأدوار الباردة التى تؤدى إلى سيادة الجليد على سطح الأرض .

ومن هنا نستطيع القول أن الميزانية الحرارية للأرض ظلت ثابتة تقريباً من سنة إلى أخرى باستثناء فترات الجليد ، وبهذه الكيفية وحدها ظلت حرارة جو الأرض ملائمة للحياة ، فلو فرض وكان مكسبها الحرارى أكثر دائماً من خسارتها لتزايدت بمرور الزمن حرارة سطحها وجوها بدرجة قد تؤدى إلى عدم امكان ظهور الحياة ، ولو فرض من ناحية أخرى وحدث العكس لتناقصت الحرارة بمرور الزمن ووصلت البرودة إلى حد لا يسمح بقيام الحياة .

### الفصل الثالث

## أجهزة الرصد الجوى

## لعناصر المناخ المختلفة

### الفصل الثالث

## أجهزة الرصد الجوى لعناصر المناخ المختلفة

### أولاً: قياس درجة الحرارة :

تعتبر الحرارة هي قوة الطاقة الموجودة في أى جسم ، وبزيادة تلك الطاقة ترتفع حرارة الجسم المعرض لها ، ويعتبر عنصر الحرارة من أهم عناصر المناخ والتي تتحكم في توزيع الحياة على سطح الأرض عند توافر المياه ، كما أنه ذلك العنصر الذى ترتبط به باقى عناصر المناخ وذلك اما بطريقة مباشرة أو غير مباشرة ، فنتيجة لاختلاف درجة الحرارة على سطح الأرض من مكان لآخر ومن وقت لآخر أو من فصل لآخر ، فان هذا الاختلاف ينعكس في توزيع الضغط الجوى ، والذى يتحكم بدوره في توزيع الرياح ونظام هبوطها ، وما يرتبط بها من حركة السحاب وسقوط الأمطار أو الثلوج ، كما أن الحرارة هي التى تسبب انطلاق بعض ذرات الماء من المسطحات المائية أو من سطح التربة وأوراق النباتات فيما يعرف ببخار الماء ، والذى يتكاثف ليكون السحاب الذى يسبب التساقط أو ينتج عنه بعض أنواع التكاثف الأخرى مثل الندى والصقيع والضباب وغيرها ، وذلك عند انخفاض درجة حرارة الهواء الحامل لبخار الماء .

وبذلك نجد أن درجة الحرارة من أهم عناصر المناخ الذى يجب أن يهتم الباحثين بدراسة ليس في دراسة علم المناخ فقط ، ولكن في كثير من



العلوم الأخرى المتصلة بها ، ويلزم الباحث لقياس درجة الحرارة استخدام عدة أجهزة من أهمها :

### ١ - الترمومتر Thermometer :

وهو جهاز بسيط يتكون من أنبوبة زجاجية ، أحد طرفيها كروي الشكل، تملأ هذه الأنبوبة بسائل ، ويستخدم لذلك الزئبق الذي يخزن في خزان في الطرف الكروي ومع ارتفاع درجة الحرارة يتمدد الزئبق في داخل الأنبوبة ، ومع انخفاض درجة الحرارة ينكمش الزئبق مرة ثانية ، وقد تم تحديد ارتفاع الزئبق في الأنبوبة على أساس أنه تم تحديد مكان درجة حرارة تجمد الماء واعتبرت هذه النقطة بالأنبوبة تمثل درجة الصفر المئوي ، كما تم تحديد ارتفاع الزئبق في الأنبوبة عند درجة غليان الماء ، وبذلك أخذت هذه النقطة للدلالة على درجة الغليان ١٠٠ درجة مئوية ، ثم قسمت المسافة بين النقطتين إلى مائة قسم وتنقسم الترمومترات المستخدمة في قياس درجة الحرارة إلى :

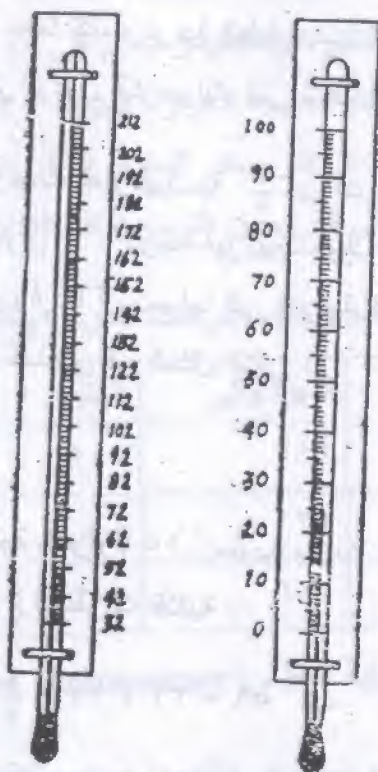
#### أ - الترمومتر المئوي Celsius scale :

وهو ذلك الترمومتر الذي اخترعه العالم السويدي أندرس سلسيوس Anders Celsius في عام ١٧٤٢ م ، وهو ذلك الترمومتر الذي يترج بين درجة الصفر المئوي الممثلة لدرجة تجمد الماء ودرجة ١٠٠ درجة مئوية أو درجة غليان الماء السابق ذكرها ، وقسمت المسافة بين الدرجتين إلى ١٠٠ قسم ، ويستخدم هذا الترمومتر في قياس درجة الحرارة في كل

دول أوروبا عدا إنجلترا كما يستخدم في القياس في محطات الأرصاد  
المصرية (الشكل رقم ١١)

ترمو متر نفثي

ترمو متر جوي



(شكل ١١)

## ب - الترمومتر الفهرنهايتي Fahrenheit scale :

وكان هذا الترمومتر أسبق في استخدامه من الترمومتر المئوي ، حيث اخترعه عالم الطبيعة الألماني دانييل فهرنهايت Daniel Fahrenheit في عام ١٧١٠ م ، وقد حدد هذا العالم درجة التجمد في هذا الترمومتر بدرجة ٣٢ ° مئوية بينما كانت درجة الغليان عند ٢١٢ ° مئوية ، ويستخدم هذا الجهاز في إنجلترا ودول الكومنولث التي تتكلم اللغة الانجليزية تقريباً .

وتمثل الدرجة الفهرنهايتية  $\frac{9}{5}$  من الدرجة المئوية ، وعليه فإن الدرجة المئوية تساوي  $\frac{9}{5}$  درجة فهرنهايت ، وإذا كانت درجة الحرارة تم قياسها بأى الدرجتين وأردنا أن نحولها إلى الدرجة إلى الدرجة الأخرى كان ذلك من السهل عمله كما يلي في المثال التالي :

مثال :

إذا كانت درجة الحرارة ١٥ ° مئوية وأردنا أن نحولها إلى درجات فهرنهايت ، فعلينا اتباع الخطوات التالية :

$$١٥ ^\circ \text{م} \times \frac{9}{5} = ٢٧ + ٣٢ = ٥٩ ^\circ \text{ف}$$

أما إذا كانت درجة الحرارة ٥٩ ° فهرنهايت ، وأردنا أن نحولها إلى درجات مئوية ، علينا اتباع الخطوات التالية :

$$٥٩ ^\circ \text{ف} - ٣٢ = ٢٧ \times \frac{5}{9} = ١٥ ^\circ \text{م}$$



إلى جانب هذين الترمومترين يوجد جهاز قياس آخر يستخدم في قياس درجة الحرارة المطلقة Absolute Temperature في طبقات الغلاف الجوى العليا ، ويعرف هذا المقياس بمقياس كلفن Kelvin Scale ، وقد حددت درجة التجمد في هذا المقياس بـ  $273^{\circ}$  كلفية ، بينما درجة الغليان تبلغ  $373^{\circ}$  وبالتالي كان المقياس مقسم إلى 100 درجة أيضاً وعليه فإن درجة الحرارة الكلفية = درجة الحرارة المنوية +  $273^{\circ}$  ، وعلى ذلك لا يختلف هذا المقياس عن الترمومتر المنوى إلا في نقطة البداية  $273^{\circ}$  ، ويتضح من الجدول التالي الفرق بين الترمومترات الثلاث .

جدول رقم (٤) أجهزة قياس درجات الحرارة والفروق بينهما

وجه المقارنة	الفهرنهايتى	المنوى	الكلفنى
درجة الغليان	٢١٢	١٠٠	٣٧٣
درجة التجمد	٣٢	صفر	٢٧٣
الفرق	١٨٠	١٠٠	١٠٠

ج - ترمومتر النهاية العظمى : Maximum Thermometer

يتميز بوجود جزء ضيق في الأنبوبة مجاور للفقاعة مباشرة ، يسمح هذا الجزء الضيق بمرور الزئبق من الفقاعة إلى الأنبوبة ، ولكنه لا يسمح له بالعودة من الأنبوبة إلى الفقاعة مرة أخرى ، معنى ذلك أنه مع ارتفاع درجة الحرارة ينطلق الزئبق من الفقاعة إلى الأنبوبة ليصل إلى أقصى مدى تمسده مع أعلى درجة حرارة ، ولكنه لا يستطيع العودة إلى الفقاعة إذا

اتخفضت درجة الحرارة ، ويجب أن يوضع الترمومتر في كشك الرصد بحيث تكون الفقاعة في وضع أعلى عن الأنبوبة قليلاً ، ولإعادة الزئبق للفقاعة بطرق طرقت خفيفاً.

#### د - ترمومتر النهاية الصغرى : Minimum Thermometer

يستخدم في الأنبوبة خارج الفقاعة في هذا الترمومتر قضيب زجاجي صغير وسائل غير الزئبق وذلك لعدة أسباب أهمها :

١- أن الزئبق يتجمد عند درجة حرارة  $-39.3^{\circ}$  درجة مئوية .

٢- أن الزئبق متماسك وليس شفافاً فلا يمكن رؤية ما بداخله .

٣- الزئبق لا يسمح لقضيب الزجاج بالثبات بل سوف يحركه مع تمدده أو انكماشه.

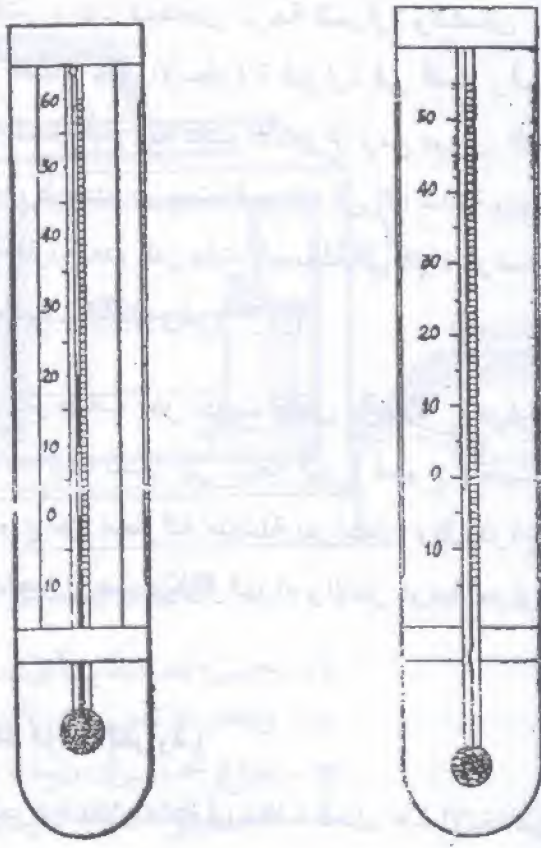
وقد استخدم الكحول بدلاً من الزئبق للأسباب السابقة ، والذي عندما تنخفض درجة الحرارة ينكمش ويدخل إلى الفقاعة ويسحب معه القضيب الزجاجي نحو الفقاعة ، فإذا ما تمدد الكحول مرة ثانية مع ارتفاع الحرارة يثبت القضيب الزجاجي مكانه عند النقطة التي تسجل أخفض درجة حرارة في أثناء فترة الرصد ، ومما يساعد على ذلك أن الترمومتر توضع فقاعته في وضع أخفض عن الأنبوبة قليلاً . الشكل رقم ( ١٢ )

#### ٣ - الترموجراف Thermograph :

هو جهاز يسجل درجة الحرارة لمدة زمنية متصلة تبلغ أسبوعاً ، وأشهر أنواعه استخداماً ذلك الترموجراف الذي يتكون من اسطوانة تملأ



ترمومتر النهاية العظمى  
 ١ ترمومتر النهاية الصغرى



شكل (١٢)

بوسائل عادة ما يكون الزئبق مثبتة خارج الجهاز حتى يتأثر السائل بدرجة حرارة الجو، فإذا ارتفعت درجة الحرارة تمدد السائل في الاسطوانة فيتحرك المؤشر المتصل بها ليرسم خطوطاً على ورقة المربعات على الاسطوانة الدوارة ويحدث نفس الشيء عند انخفاض درجة الحرارة وانكماش السائل، وتقسم ورقة المربعات المثبتة على الاسطوانة الدوارة إلى أقسام رأسية تمثل درجة الحرارة وأفقية لتمثل أيام وساعات الأسبوع، ومع دوران الاسطوانة يرسم على الورقة خطوط تحدد درجات الحرارة في كل ساعة ويوم خلال الأسبوع، ويمكن مقارنة هذه الدرجات المسجلة في فترة الرصد بما تم قياسه بالترمومترات العادية . الشكل رقم ( ١٣ )

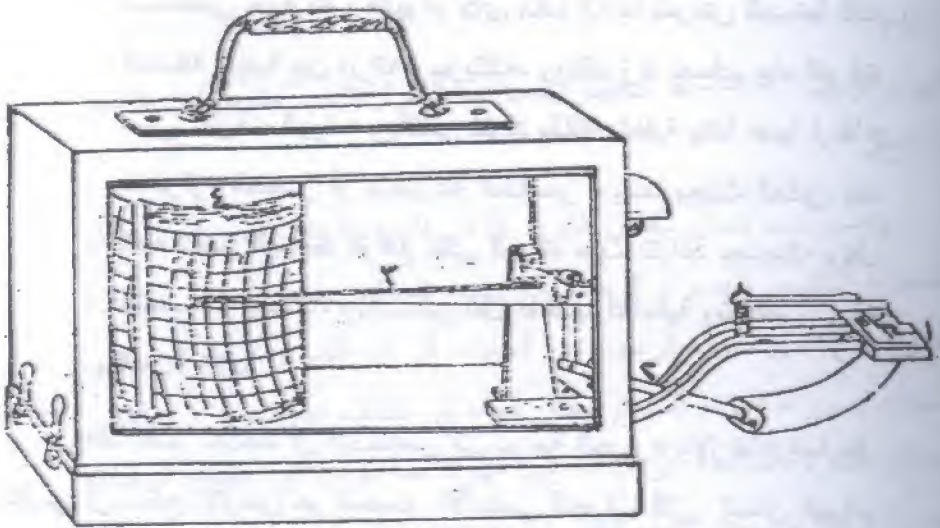
كما أنه يوجد ترموجراف آخر حديث يقيس درجات الحرارة لأكثر من عنصر في وقت واحد لمدة تصل إلى سبعة أيام ( أسبوع ) حيث يتكون الترموجراف المزدوج من اسطوانة متصلة بذراعين، وكل ذراع ينتهي بريشة بحيث يسجل احدهما درجة حرارة الهواء والآخر درجة حرارة الماء أو التربة أو غيرهما .

### ٢ - التغير الرأسى فى درجة الحرارة :

تنخفض درجة الحرارة بالارتفاع، ويختلف معدل هذا الانخفاض تبعاً للحالة الجوية السائدة وتبعاً للارتفاع ويرجع ذلك للأسباب الثلاثة الرئيسية التالية :

- ١- البعد عن المصدر الرئيسى المباشر للحرارة وهو سطح الأرض والتي تمد الهواء بالحرارة .





### الترموجراف

- ١ - جزء معدني يتأثر بحركة الهواء.
- ٢ - رافعة تتصل بالجزء المعدني.
- ٣ - ذراع تحريك ريشة على الأسطوانة.
- ٤ - أسطوانة ملفوفة عليها ورقة.

شكل (١٣)

٢- قلة المواد العالقة بالهواء (الغبار وبخار الماء) فكلما بعدنا عن سطح الأرض على اعتبار أنه هو المصدر الرئيسى لهذه المواد ، ويتوقف عليه قلة الاشعاع الذاتى للهواء بالارتفاع .

٣ - تَخلل الهواء كلما ارتفعنا إلى أعلى وقلة الضغط به وبالتالي تنخفض حرارته ، فالهواء كأي مادة إذا ما تعرض للضغط قلت المسافة البينية بين ذراته وجزيئاته، وبذلك زاد تصادم هذه الذرات فى غازات الهواء، وبالتالي تتولد طاقة داخلية ينشأ عنها ارتفاع حرارة العنصر أو مجموعة العناصر ، بينما يحدث العكس عند اتخفاض الضغط الواقع على الهواء حيث تتباعد جسيماته ويقل التصادم بينها، وبالتالي تقل طاقتها الداخلية وتنخفض درجة الحرارة بها .

ومما تقدم نلاحظ أن الانخفاض فى درجة الحرارة بالارتفاع إنما يدل على أن سطح الأرض هو المصدر الأساسى للحرارة التى تسخن الهواء، ولو أن مصدر التسخين هو أشعة الشمس، والتى تقوم بتسخين الهواء فى طبقات الجو العليا بطريق مباشر أثناء مرورها فى رحلتها نحو سطح الأرض، إلا أن الهواء فى طبقات الجو العليا ذو قدرة محددة على امتصاص أشعة الشمس، بينما على العكس من ذلك فى طبقات الجو السفلى حيث تكثر العوالق (الغبار وبخار الماء) والتى تستطيع أن تمتص كمية أكبر من أشعة الشمس كما سبق ذكره .



يعرف معدل انخفاض الحرارة في الغلاف الجوى بالارتفاع باسم معدل التبريد الذاتى Adibtic Rate ويختلف هذا المعدل فى الهواء الجاف عنه فى الهواء المشبع ببخار الماء على النحو التالى :

الهواء الجاف —————> تنخفض به درجة الحرارة ١ ° مئوية / ١٠٠ متر ارتفاع.

الهواء الرطب —————> تنخفض به درجة الحرارة ٠.٦ ° مئوية / ١٠٠ متر ارتفاع.

ومن ثم فإن معامل التبريد الذاتى للهواء الجاف أسرع من معدل التبريد الذاتى للهواء الرطب ، ويرجع انخفاض معدل درجة الحرارة بالارتفاع فى الهواء الرطب عن الجاف، إلى أنه كلما ارتفعنا إلى أعلى تؤدي برودة الهواء المشبع ببخار الماء إلى تكاثف هذا البخار ، وبالتالي انطلاق الحرارة الكامنة بين ذراته إلى الهواء مما يؤدي إلى اضافة درجات حرارة إليه من بخار الماء فتظل درجة حرارة الهواء المشبع ببخار الماء أعلى منها فى الهواء الجاف .

### - الانقلاب الحرارى :

قد يحدث فى بعض الأحيان وظروف خاصة انقلاب حرارى فى الجو، أى أن تزيد درجة الحرارة بالارتفاع ، وقد تحدث هذه الظاهرة بالقرب من سطح الأرض أو قد تحدث فى طبقات الجو العليا ، ولكن فى الغالب لا تحدث هذه الظاهرة حتى مستوى ارتفاع معين لا يتعدى فى معظم

الحالات واحد كيلو متر فوق سطح الأرض ، ثم تعود درجة الحرارة بعد هذا المستوى فى الانخفاض مرة ثانية مع الارتفاع ، وغالبا ما تحدث ظاهرة الانقلاب الحرارة فوق الأحواض المغلقة المحاطة بالمرتفعات فى أثناء الليل ، ومن الأسباب التى تنتج عنها هذه الظاهرة ما يلى :

١- البرودة الشديدة التى تصيب سطح الأرض أثناء الليل ، ويرجع ذلك إلى زيادة معدلات الاشعاع الأرضى أكثر من الاشعاع الذاتى للجو

٢- انسياب تيارات سطحية من الهواء البارد إلى المنطقة كما يحدث فى الأودية ليلاً عندما تنزل كميات من الهواء البارد من أعلى المرتفعات إلى بطون هذه الأودية فيما يعرف باسم نسيم الجبل .

٣- عندما يكون سطح الأرض فى المنطقة مكسواً بالجليد .

٤- تحدث هذه الظاهرة أيضاً فى الهواء الذى يعلو سطح التيارات البحرية الباردة .

هذه العوامل مجتمعة تساعد على برودة الطبقات السفلى من الهواء وانخفاض درجة حرارتها عن حرارة الطبقات التى تعلوها ، ومن أجل ذلك يحدث انقلاب حرارى بحيث تزيد درجة الحرارة كلما بعدنا عن سطح الأرض ، ولكن يحدث هذا غالباً عند مستوى محدد ، ينتهى عنده تأثير تلك الظروف وتعود الحرارة فى طبقات الجو للانخفاض كلما ارتفعنا لأعلى .



## - التغير الأفقى فى درجة حرارة الجو :

يقصد بالتغير الأفقى فى حرارة الهواء اختلاف حرارته من منطقة إلى أخرى أو من مكان لآخر على سطح الأرض، ويعتبر التغير الأفقى فى حرارة الجو أقل انتظاماً من التغير الرأسى، وذلك لتعدد العوامل التى تؤثر فى توزيع الحرارة على أجزاء سطح الأرض المختلفة ومن هذه العوامل ما يلى :

### ١ - موقع المكان بالنسبة لخط العرض :

بناءً على هذا الموقع يتحدد الزاوية التى تسقط بها أشعة الشمس على سطح الأرض ،وبذلك يتم تحديد طول الليل والنهار فى الفصول المختلفة، فعند خط الاستواء تسقط الأشعة عمودية على سطح الأرض فى معظم أيام السنة، ولكن كلما اقتربنا من الدائرتين القطبيتين على كلا نصفي الكرة شمالها وجنوبها فإن هذه الأشعة تسقط مائلة جداً خصوصاً فى نصف السنة الشتوى ، بينما يقل معدل ميلها فى نصف السنة الصيفى .

### ٢- الاختلاف بين اليابس والماء فى اكتساب وفقدان الأشعة :

يرجع السبب فى هذا الاختلاف ما بين اليابس والماء ما يسببه من اختلاف أثر كل منهما على تباين حرارة الهواء للأسباب الآتية :

أ- يعود السبب الأساسى لهذا الاختلاف إلى ما تتميز به المياه من الطبيعة السائلة، مما يجعل حركات الماء سواء كانت

الأمواج أو التيارات البحرية أو المد والجزر تعمل على إعادة توزيع الحرارة على سطوح أكبر من الماء وعدم حفظها في جزء محدد كما هو الحال في اليابس .

ب- بسبب شفافية الماء فإن أشعة الشمس تستطيع أن تنفذ خلاله بسرعة ، ويؤدي ذلك إلى توزيع أشعة الشمس في طبقة سميكة من الماء بينما تتركز أشعة الشمس فوق طبقة سطحية رقيقة من اليابس .

ج - الاختلاف الواضح في الحرارة النوعية ( $^{\circ}$ ) لكل من اليابس والماء ، فالحرارة النوعية من اليابس تعادل  $0,6$  درجة مئوية بينما تعادل في الماء  $1$  ° مئوية ويعنى ذلك أن الماء يحتاج إلى كمية من الطاقة أكبر من اليابس ، ومن ثم فإن اليابس يمتص الحرارة بمعدل أسرع مما يمتصها الماء، ولذلك فإن اليابس ترتفع درجة حرارته أسرع في النهار وتنخفض في الليل، على العكس من الماء الذي يكتسب حرارته ببطيء ويفقدها ببطيء أيضاً.

د - إن صافي الاشعاع الشمسي الذي يصل إلى اليابس ويعمل على رفع حرارته يكون أكبر من الصافي الذي يصل إلى سطح الماء ويعمل على رفع حرارته، وذلك لأن سطح الماء

---

\* الحرارة النوعية : هي مقدار الطاقة اللازمة لتسخين جرام واحد من المادة بقدر درجة واحدة مئوية



يعكس كمية أكبر من الإشعاع لأنه سطح لامع يعكس سطح  
اليابس المعتم إلى جانب ما يفقد على سطح الماء في تبخير  
نسبة من الماء أكثر من اليابس ، هذا إلى جانب ما يفقد من  
إشعاع فوق الماء أكبر من فوق اليابس بزيادة نسبة بخار الماء  
فوق سطح الماء .

### -توزيع الحرارة والمناطق الحرارية :

من أهم الصفات العامة للتوزيع السنوي لخطوط الحرارة المتساوية في  
العالم هي أنها تتجه بصورة عامة من الغرب إلى الشرق مع خطوط  
العرض، ومن ثم فإن العامل الأساسي الذي يؤثر في توزيع درجة الحرارة  
فوق سطح الأرض هو خطوط العرض مع بعض الفروق وتتميز خطوط  
الحرارة المتساوية بالصفات الآتية :

١- تظهر خطوط الحرارة المتساوية السنوية أكثر استقامة وأقل تعرجاً  
في نصف الكرة الجنوبي عنها في نصف الكرة الشمالي، ويرجع  
هذا إلى أن مظاهر السطح في النصف الجنوبي أكثر في تجانسها  
عنها في نصف الكرة الشمالي ، ويرجع ذلك إلى قلة المساحات  
اليابسة بينما تزيد المساحات المائية في نصف الكرة الجنوبي .

٢- تقل درجة الحرارة بصفة عامة كلما بعدنا عن خط الاستواء نحو  
القطبين، كما نلاحظ أن خطوط الحرارة المتساوية تتعرج فوق  
القارات والمحيطات، ولكن تعرجها يزيد بصفة عامة كلما بعدنا عن

خط الاستواء واتجهنا نحو القطبين نظراً للاختلاف في توزيع الحرارة بين اليابس والماء في هذا الاتجاه .

٣- تتعرج خطوط الحرارة المتساوية بصورة أوضح في نصف الكرة الشمالي حيث توجد نسبة كبيرة من اليابس عنها عن مثيلاتها في نصف الكرة الجنوبي حيث تكون السيادة للماء .

٤- يقل تعرج خطوط الحرارة المتساوية والتي توجد في العروض العليا في نصف الكرة الجنوبي حتى لا تكاد تتفق مع بواثر العرض، ويرجع ذلك إلى قلة اليابس أو انعدامه، وبالتالي فإن هذه الخطوط تمتد فوق سطح متجانس من مياه المحيط .

سجلت أعلى درجة حرارة في عين صالح في الجزائر ٥٦ ° مئوية وفي العزيزية في ليبيا ٥٨ ° مئوية، وقد ذكر رومني Rumny أن درجة حرارة الصحراء الكبرى بين الساعة الواحدة والثالثة بعد الظهر تصل إلى ٨٥ ° مئوية ولكن أقل درجة حرارة سجلت في محطة أويمكين Oimekon في شرق سيبيريا ( ٧٦- ٥ مئوية ) .

يزيد التغير في درجات الحرارة مع الخطوط العرضية الأكثر وضوحاً في يناير عنه في يوليو وخاصة في النصف الشمالي بحيث تتقارب خطوط الحرارة المتساوية من بعضها البعض في ذلك الفصل ، وقد أثبتت الدراسات المناخية الحديثة أن المناخ لا يتمشى في كثير من الأحيان مع خطوط العرض .

## ثانياً : الضغط الجوى والرياح : Atmospheric pressure and wind

### أولاً : الضغط الجوى :

الضغط الجوى عبارة عن القوة الناتجة عن ضغط الهواء أو ثقله (أى وزن عمود الهواء)، ويتغير هذا الثقل من وقت لآخر وذلك لارتباطه بالحرارة ارتباطاً وثيقاً ، ولكن الانسان لا يشعر بهذا التغير كثيراً كما يشعر بتغيرات عناصر المناخ الأخرى ، أى أنه أيضاً وزن عمود الهواء فوق وحدة مساحية محددة وهى فى العادة السنتيمتر المربع .

### -أجهزة قياس الضغط الجوى :

تستخدم لذلك ثلاثة أنواع من الأجهزة لقياس الضغط الجوى هى :

- ١- البارومتر الزئبقي .
- ٢- البارومتر المعدنى .
- ٣- الباروجراف .

### أولاً : البارومترات الزئبقية : The Mercurial Barometers

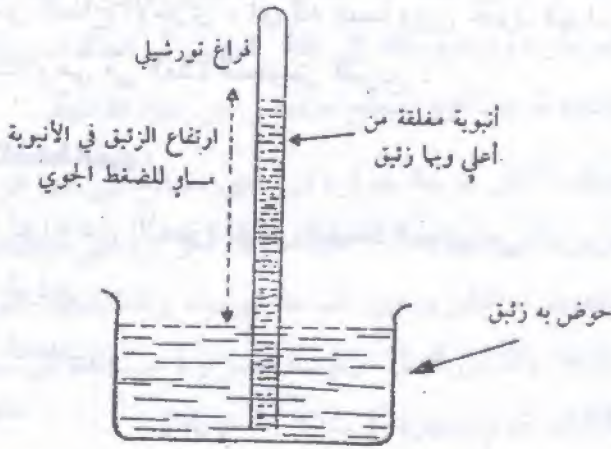
ويوجد عدد من هذه البارومترات من أقدمها وأدقها استخداماً بارومتر تورشيلى .

#### ١- بارومتر تورشيلى :

اخترعه تورشيلى عام ١٦٤٣ م وهو عبارة عن أنبوبة زجاجية طولها حوالى ثلاثة أقدام تملأ بالزئبق ، يتم قلب هذه الأنبوبة ووضع



فتحتها في اناء مملوء بالزئبق ، وبذلك يتدفق الزئبق من الأنبوبة في الاناء، ويصبح ارتفاع الزئبق في الأنبوبة معبراً عن قوة الضغط الواقع على سطح الزئبق في الاناء ، فاذا زاد الضغط ارتفع الزئبق في الأنبوبة والعكس إذا قل الضغط انخفض الزئبق في الأنبوبة (الشكل رقم ١٤) ويعتبر هذا الجهاز البسيط الأساس الذي صممت على اساسه الأجهزة الحديثة أي أنها تحسينات له .

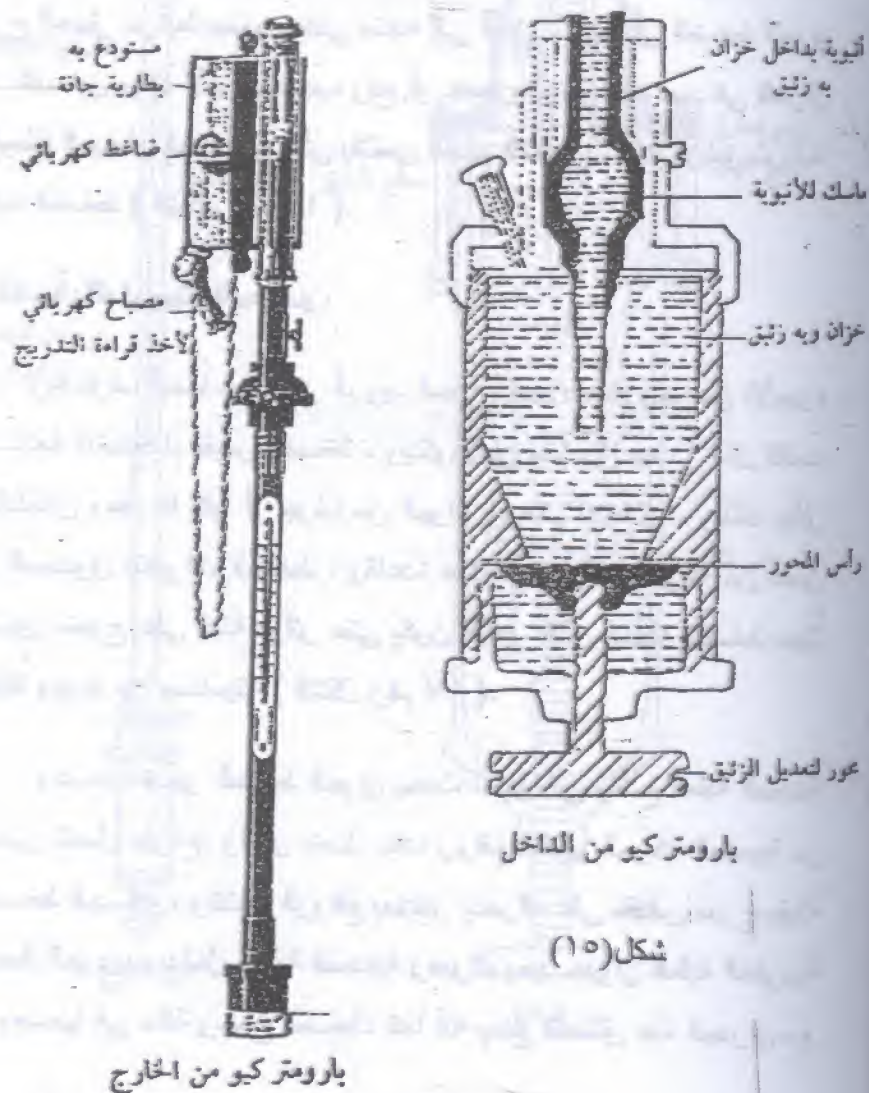


شكل (١٤)

## ٢- البارومتر ذو الخزان الثابت ( بارومتر كيو ) :

ويستكون الجهاز من أنبوبة من الزجاج وخزان محفوظين في غلاف معدني لحمايتهم ، ويمنع الزئبق من الانسكاب خارج الخزان بواسطة وردة جلدية ، يركب على الغلاف النحاسي ترمومتر مثبت ، وتدرج لقياس

الضغط "ورنية" مع المسمار العلوي ، حلقات الانتران وذراع لتثبيت  
الجهاز الذي يتكلى منه الشكل رقم ( ١٥ ).



شكل (١٥)

### ٣- بارومتر فورتن :

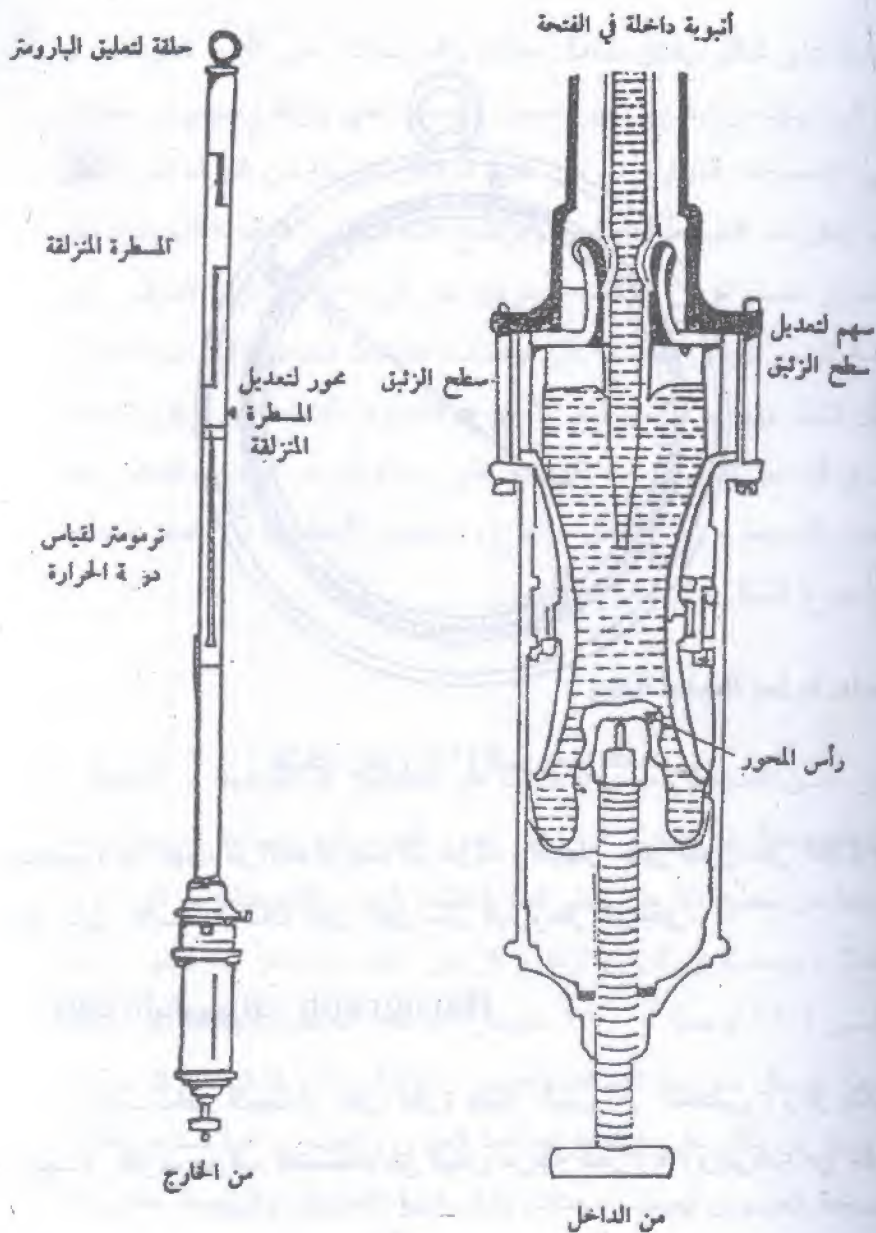
وهو عبارة عن خزان متحرك مكون من كيس من الجلد ويمكن ضغط الخزان من الخارج برفعه أو خفضه بواسطة مسمار محوري ، وصفر تدرج الجهاز مرتبط بسهم معدني متجه إلى أسفل ، وبما أن الضغط الجوي يختلف من وقت لآخر ، فيجب رفع أو خفض الزئبق الموجود في الخزان بواسطة المسمار المحوري حتى يلامس السهم المعدني سطح الزئبق ثم نأخذ قراءة الضغط ( الشكل رقم ١٦ ).

### ثانياً : البارومتر المعدني :

ويعرف أيضاً ببارومتر أنرويد المفرغ Aneriod وهو من الأجهزة الشائعة الاستخدام لقياس الضغط ، ويتكون من صندوق معدني قابل للتمدد والانكماش ومفرغاً كلياً أو جزئياً من الهواء ومحكم الاغلاق ، ولذلك يتأثر هذا الصندوق بتغيرات الضغط ، وقاعدة هذا الصندوق مصنوعة من معدن رقيق متموج على هيئة دوائر حتى يكون التغير الذي يسجله الضغط سهلاً وخفيفاً ويزيد من حساسيته ( الشكل رقم ١٧ ).

وعند تغير الضغط الجوي يحدث تعديل في وضع العلية المعدنية والتي تتصل بذراع ، والذي يتصل بعده روافع لتكبير الحركة النسبية من الضغط الجوي ، وتنتهي الروافع بمؤشر يتحرك على مقياس مدرج بقيمة الضغط الجوي ، وبداخل العلية المعدنية زمبرك يعيد جذران العلية الخارجية إلى وضعها في حالة رجوع الضغط ، كما أنه يمنع التصاق هذه الجدران مع





الشكل رقم (١٦) بارومتر فورتن



الشكل رقم ( ١٧ ) البارومتر المعدني

بعضها، لذا يجب مراعاة تزييت الزمبرك والجهاز حتى يكون حر الحركة،  
هو سهل الاستعمال لكنه غير دقيق مثل البارومتر الزئبقي.

### ثالثاً: الباروجراف: Barograph

ويستخدم الجهاز نفس فكرة جهاز البارومتر المعدني ، وهو يشبه  
جهاز الترموجراف المستخدم في قياس درجة الحرارة ، ويتركب من علبة

معدنية على شكل رقائق تتصل بعدة روافع تساعد على تكبير الحركة ، ثم ذراع فى نهايته ريشة بها حبر تسجل الضغط على ورقة رسم بياني ملفوفة على الاسطوانة الدوارة ، ولأن علبة الرقائق مفرغة من الهواء فانها تتأثر سريعاً بتغيرات الضغط الجوى ، وتوضع هذه الأجهزة المكونة للجهاز داخل صندوق مصنوع من الخشب وجوانبه من الزجاج، ويتحرك المؤشر على ورقة الرسم البياني المقسمة إلى وحدات الضغط الجوى وإلى سبعة أجزاء يمثل كل منها يوماً من ايام الأسبوع، فإذا زاد الضغط أى ارتفع الضغط ارتفع الخط الذى ترسمه الريشة على ورقة الرسم البياني والعكس عند انخفاض الضغط ، ومن خلال ارتفاع وانخفاض الخط يعرف مقدار الضغط لمدة أسبوع الشكل رقم (١٨).

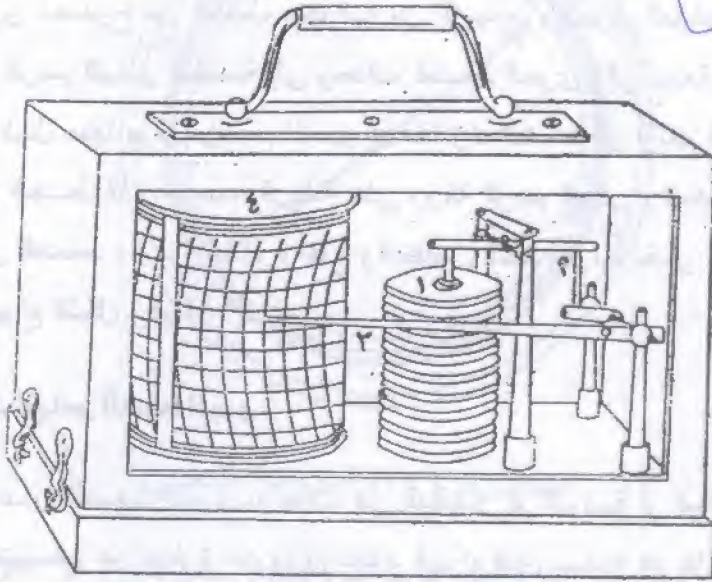
#### -وحدات قياس الضغط الجوى :

يعبر عن الضغط الجوى بوحدات هي المليمتر أو البوصة أو المليلبار ، ولأن الضغط هو عبارة عن وزن عمود الهواء فوق مساحة قدرها بوصة مربعة من سطح الأرض حتى قمة الغلاف الجوى الذى يبلغ حوالى ١٤,٧ رطلاً ، ويساوى الوزن ارتفاع الزئبق داخل بارومتر تورشيلى والبالغ حوالى ٢٩,٩ بوصة أو ٧٦٠ مليمترأ إذا كان الضغط متوسط أى أن هذه القيمة تمثل متوسط الضغط الجوى ، وبالتالي إذا زاد ارتفاع الزئبق فى البارومتر دل ذلك على ارتفاع الضغط الجوى والعكس ، كما تستخدم لقياس الضغط الجوى أيضاً وحدات يشار اليها بالملليبار والبوصة تعادل ٣٤



مليبار تقريباً، وإذا كان متوسط الضغط الجوي عند سطح البحر يعادل  
٢٩,٩٢ بوصة أو ٧٦٠ ملليمتر فإنه يعادل حوالى ١٠١٣,٢ مليبار.

٢٩,٩٢  
١٨ / ٢٩



### البأروجراف

- ١- المقياس المعدنية التي تتأثر بالضغط الجوي
- ٢- الرافعة المتصلة بالمقياس
- ٣- المزراع
- ٤- الاسطوانة الدوارة التي يرسم عليها منحنى الضغط

الشكل رقم (١٨).

## **-العوامل التي تؤثر في الضغط الجوي :**

### **١- درجة الحرارة :**

يتناسب الضغط الجوي تناسباً عكسياً مع درجة الحرارة فكلما ارتفعت درجة الحرارة زاد تمدد الهواء مما يزيد تخلله ، وبالتالي تقل كثافته ويقل وزنه وعليه يصبح ضغطاً منخفضاً والعكس، وبذلك يرتبط الضغط ارتباطاً وثيقاً بالحرارة لأنها هي السبب في اختلاف نطاقات الضغط على سطح الأرض .

### **٢- كمية بخار الماء في الهواء :**

توجد كذلك علاقة عكسية بين كمية بخار الماء بالهواء وبين الضغط الجوي ، حيث أن بخار الماء أخف وزناً من الهواء في طبقات الجو السفلى، فإذا زادت كمية بخار الماء في الهواء ينخفض الضغط الجوي والعكس .

### **٣ - الارتفاع عن سطح البحر :**

بما أن الضغط هو وزن عمود الهواء من سطح البحر حتى نهاية الغلاف الجوي ، ولأن الجزء السفلي من الغلاف الجوي هو أثقل أجزائه ، فإنه مع الارتفاع عن سطح الأرض يقل وزن عمود الهواء وبالتالي ينخفض الضغط الجوي.

ولتلافى بعض أخطاء أجهزة قياس الضغط الجوي يجب إتباع بعض الاحتياطات الواجب توافرها في أجهزة قياس الضغط الجوي :

- ١- يوضع بعيداً عن أشعة الشمس المباشرة .
  - ٢- يوضع بعيداً عن التيارات الهوائية وبعيداً عن الاهتزازات لذلك يجب وضعه في وسط السفينة .
  - ٣- يوضع الجهاز بعد حمله في صندوق خاص به .
  - ٤- تنظيف وتزييت جهاز البارومتر المعدني والباروجراف من وقت لآخر .
  - ٥- وضع الجهاز في مكان تستقر فيه الحرارة .
- ورغم هذه الاحتياطات إلا أنه تحدث بعض الأخطاء والتي يجب أن يتم تصحيحها عند قراءة البارومتر وذلك من خلال مجموعة من الجداول وتمثل هذه الأخطاء فيما يلي :

### أولاً : خطأ الجهاز :

ويمثل ذلك خطأ فني ذو قيمة ثابتة نتيجة عملية التصنيع ، ويتم التعرف على هذا الخطأ بمقارنته بجهاز بارومتر معياري ( بارومتر تورشيللي ) ويوضع لذلك جدول يتم الرجوع اليه عند أخذ القراءات .

### ثانياً : درجة الحرارة :

يصاحب كل تغير في درجة حرارة الهواء تغير في كثافته نتيجة تمدده وانكماشه ، وكما سبق القول فإن ذلك يؤدي إلى ارتفاع وانخفاض الزئبق في البارومتر مع ثبات الضغط الجوي ، ومن أجل توحيد قيم الضغط الجوي فقد أخذت درجة الصفر المئوي (  $32^{\circ}$  ف ) لكل البارومترات الزئبقية ، وعند



هذه الدرجة تصبح كثافة الزئبق ١٣,٦ جم/سم<sup>٣</sup>، ويستخدم جدول خاص بقيمة الضغط الجوى درجة الحرارة حتى نحصل على قيمة التصحيح بالمليبار (الجدول رقم ٦)، وتضاف القيمة إلى قيمة الضغط الجوى إذا كانت درجة الحرارة أقل من صفر درجة مئوية، بينما تطرح هذه القيمة من قيمة الضغط الجوى إذا كانت درجة الحرارة أعلى من الصفر المئوى كما هو بالجدول التالى :

جدول رقم ( ٥ ) فرق تصحيح أعشار الدرجة المئوية

أعشار الدرجة المئوية									فرق فى التصحيح
٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	
٠,١٤	٠,١٢	٠,١١	٠,٠٩	٠,٠٨	٠,٠٦	٠,٠٥	٠,٠٣	٠,٠٢	٠,١٥
٠,١٤	٠,١٢	٠,١١	٠,٠٩	٠,٠٨	٠,٠٦	٠,٠٥	٠,٠٣	٠,٠٢	٠,١٦
٠,١٥	٠,١٣	٠,١٢	٠,١٠	٠,٠٩	٠,٠٧	٠,٠٥	٠,٠٣	٠,٠٢	٠,١٧

ويستعمل هذا التصحيح فى البارومتترات الزئبقية فقط ، أما البارومتترات المعدنية فتستعمل معادن مختلفة لها معامل تمدد مختلف تصحيح تلقائى باختلاف درجات الحرارة .

درجة حرارة البارومتر	قيمة الضغط الجوي بالمليبار										
درجات مئوية	940	950	960	970	980	990	1000	1010	1020	1030	1040
تصحیح باللي بار وأعشار ومئات اللي بار											
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17	0.17	0.17
2	0.31	0.31	0.31	0.32	0.32	0.32	0.33	0.33	0.33	0.34	0.34
3	0.46	0.47	0.47	0.48	0.48	0.49	0.49	0.50	0.50	0.50	0.51
4	0.61	0.62	0.63	0.63	0.64	0.65	0.65	0.66	0.67	0.67	0.68
5	0.77	0.78	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.83	0.84	0.85
6	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	1.01	1.02
7	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.16	1.17	1.18	1.19
8	1.23	1.24	1.25	1.27	1.28	1.29	1.31	1.32	1.33	1.35	1.36
9	1.38	1.40	1.41	1.43	1.44	1.46	1.47	1.49	1.50	1.51	1.53
10	1.54	1.55	1.57	1.59	1.60	1.62	1.64	1.65	1.67	1.68	1.70
11	1.69	1.71	1.72	1.74	1.76	1.78	1.80	1.82	1.83	1.85	1.87
12	1.84	1.86	1.88	1.90	1.92	1.94	1.96	1.98	2.00	2.02	2.04
13	2.00	2.02	2.04	2.06	2.08	2.10	2.13	2.15	2.17	2.19	2.21
14	2.15	2.17	2.19	2.22	2.24	2.26	2.29	2.31	2.33	2.36	2.38
15	2.30	2.33	2.35	2.38	2.40	2.43	2.45	2.48	2.50	2.52	2.55
16	2.46	2.48	2.51	2.54	2.56	2.59	2.62	2.64	2.67	2.69	2.72
17	2.61	2.64	2.66	2.69	2.72	2.75	2.78	2.81	2.83	2.86	2.89
18	2.76	2.79	2.82	2.85	2.88	2.91	2.94	2.97	3.00	3.03	3.06
19	2.92	2.95	2.98	3.01	3.04	3.07	3.11	3.14	3.17	3.20	3.23
20	3.07	3.11	3.14	3.17	3.21	3.24	3.27	3.30	3.34	3.37	3.40
21	3.23	3.26	3.29	3.33	3.37	3.40	3.43	3.47	3.50	3.53	3.57
22	3.38	3.42	3.45	3.49	3.53	3.56	3.60	3.63	3.67	3.70	3.74
23	3.53	3.57	3.61	3.65	3.69	3.72	3.76	3.80	3.84	3.87	3.91
24	3.68	3.73	3.76	3.80	3.85	3.89	3.92	3.96	4.00	4.04	4.08
25	3.84	3.88	3.92	3.96	4.01	4.04	4.09	4.13	4.17	4.21	4.25
26	3.99	4.04	4.08	4.12	4.17	4.21	4.25	4.29	4.34	4.37	4.42
27	4.15	4.19	4.23	4.28	4.33	4.37	4.41	4.46	4.50	4.54	4.59
28	4.30	4.35	4.39	4.44	4.49	4.53	4.58	4.62	4.67	4.71	4.76
29	4.45	4.50	4.55	4.60	4.65	4.69	4.74	4.79	4.84	4.88	4.93
30	4.61	4.66	4.70	4.76	4.81	4.85	4.91	4.95	5.00	5.05	5.10
31	4.76	4.81	4.86	4.91	4.97	5.01	5.07	5.12	5.17	5.22	5.27
32	4.91	4.97	5.02	5.07	5.13	5.18	5.23	5.28	5.34	5.38	5.44
33	5.07	5.12	5.17	5.23	5.29	5.34	5.40	5.45	5.50	5.55	5.61
34	5.22	5.28	5.33	5.39	5.45	5.50	5.56	5.62	5.67	5.72	5.78
35	5.37	5.43	5.49	5.55	5.61	5.66	5.72	5.78	5.84	5.89	5.95
36	5.53	5.59	5.64	5.71	5.77	5.82	5.89	5.94	6.00	6.06	6.12
37	5.68	5.74	5.80	5.86	5.93	5.99	6.05	6.11	6.17	6.23	6.29
38	5.83	5.90	5.96	6.02	6.09	6.15	6.21	6.27	6.34	6.39	6.46
39	6.09	6.05	6.11	6.18	6.25	6.31	6.38	6.44	6.50	6.56	6.63
40	6.14	6.21	6.27	6.34	6.41	6.47	6.54	6.60	6.67	6.73	6.80

الجدول رقم (٦) لتصحيح قيمة الضغط الجوي عند ٥٠ م

### ثالثاً: الارتفاع عن مستوى البحر :

كما سبق القول فإنه مع الارتفاع عن سطح البحر يقل وزن عمود الهواء وبالتالي ينخفض الضغط ، وقد استخدم جدول تقريبي لمعادلة نقص الضغط الجوي بالارتفاع ، ويتناقص الضغط في المتوسط بالارتفاع حيث أنه كلما ارتفعنا فوق سطح البحر حوالي ١٠٠ متر ينخفض الضغط الجوي بمقدار حوالي ١٠ ملليبار ، وعند أخذ القراءات من البارومترات الزئبقية يتم استخدام هذا الجدول التقريبي لتصحيح قراءات الضغط الجوي ، والجدول التالي ، نموذج لهذا الجدول التقريبي .

جدول رقم (٧) تصحيح البارومتر بالنسبة لمستوى سطح البحر

ارتفاع البارومتر عن سطح البحر	الضغط الجوي المصحح بالمليبار	درجة الحرارة									
		١٠-	٥-	صفر	٥+	١٠+	١٥+	٢٠+	٢٥+	٣٠+	٤٠+
		التصحيح بالمليبار وعشرات المليبار									
١٠	٩٤٠-٩٩٠	١,٣	١,٣	١,٣	١,٢	١,٢	١,٢	١,٢	١,١	١,١	١,١
	٩٩٠-١٠٤٠	١,٣	١,٣	١,٣	١,٢	١,٢	١,٢	١,٢	١,٢	١,١	١,١
٢٠	٩٤٠-١٠٠٠	٢,٥	٢,٥	٢,٥	٢,٤	٢,٤	٢,٤	٢,٣	٢,٣	٢,٢	٢,١
	١٠٠٠-١٠٤٠	٢,٧	٢,٦	٢,٦	٢,٥	٢,٥	٢,٤	٢,٣	٢,٣	٢,٣	٢,٣
٣٠	٩٤٠-٩٧٥	٣,٨	٣,٧	٣,٧	٣,٦	٣,٦	٣,٦	٣,٥	٣,٥	٣,٤	٣,٣
	٩٧٥-١٠١٢	٣,٩	٣,٨	٣,٨	٣,٧	٣,٧	٣,٦	٣,٥	٣,٥	٣,٤	٣,٣
	١٠١٢-١٠٤٠	٤,١	٤,٠	٣,٩	٣,٨	٣,٨	٣,٧	٣,٦	٣,٦	٣,٥	٣,٥

الارتفاع بالمتر	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
التصحيح بالمليبار وعشرات المليبار	٠.١	٠.٣	٠.٤	٠.٥	٠.٧	٠.٨	٠.٩	١.٠	١.٢



## رابعاً : تصحيح عجلة الجاذبية :

يقل وزن عمود الزئبق بالبارومتر كلما ابتعدنا عن مركز الأرض ،

حيث يزيد قطر الأرض كلما اقتربنا من خط الاستواء ويقل كلما اتجهنا إلى خطوط العرض العليا، وقد صمم البارومتر على أساس أن تكون عجلة الجاذبية الأرضية ٩٨٠ سم / ثانية ، لهذا أخذ خط العرض ٤٥ شمالاً وجنوباً كمقياس، وهو يقع في منتصف المسافة بين خط الاستواء والقطبين ومقارنته بباقي العروض الأخرى لذلك تجرى العمليات الآتية :

نطرح قيمة الضغط الجوى من القيمة المأخوذة من جدول التصحيح رقم (٨) إذا كان خط العرض أقل من ٤٥ ° درجة ، وتضاف إلى قيمة الضغط الجوى القيمة المأخوذة من جدول التصحيحات إذا كان خط العرض أعلى من ٤٥ ° درجة .

مثال: على كيفية تصحيح الضغط الجوى للبارومتر الزئبقى :

سجل الضغط الجوى عند دائرة العرض ٢٠ ° وكانت درجة الحرارة ٣٠ ° مئوية ، وتم التسجيل على ارتفاع ٣٠ متراً فوق مستوى سطح البحر، فبلغ الضغط ١٠١٠,٦ مليبار فكيف نصحح قيمة الضغط الجوى ، هذا مع العلم أن خطأ الجهاز كان ٠,٦ مليبار .

الحل : ١- تصحيح خطأ الجهاز :  $1010,6 - 0,6 = 1010$  مليبار

٢ - تصحيح درجة الحرارة :

خط عرض شمال وجنوب بالدرجات	قيمة الضغط الجوي بالملي بار											
	940	950	960	970	980	990	1000	1010	1020	1030	1040	
	تصحیح بالملي بار وأعشار ومئات الملي بار											
0	90	2.44	2.46	2.48	2.51	2.53	2.56	2.59	2.62	2.64	2.67	2.69
1	89	44	46	48	51	53	56	59	62	64	67	69
2	88	43	45	48	51	53	56	58	61	63	66	68
3	87	42	45	47	50	53	55	57	60	62	65	68
4	86	41	44	46	49	52	54	56	59	61	64	67
5	85	2.40	2.43	2.45	2.47	2.49	2.52	2.55	2.58	2.60	2.63	2.65
6	84	39	41	43	46	48	51	53	56	59	62	64
7	83	37	39	41	44	46	49	51	54	57	59	62
8	82	35	37	39	42	44	47	49	52	54	57	59
9	81	32	34	36	39	41	44	47	50	52	54	56
10	80	2.29	2.31	2.34	2.36	2.39	2.42	2.44	2.46	2.48	2.51	2.53
11	79	26	28	31	33	36	38	40	43	45	47	50
12	78	23	25	27	30	32	34	36	39	41	44	47
13	77	19	22	24	26	28	31	33	35	37	40	43
14	76	15	18	20	22	24	27	29	31	33	35	38
15	75	2.11	2.13	2.15	2.18	2.20	2.22	2.24	2.27	2.29	2.31	2.33
16	74	07	09	11	14	16	18	20	22	24	26	28
17	73	02	04	06	09	11	13	15	17	19	21	23
18	72	1.97	1.99	01	03	05	07	09	11	13	15	17
19	71	92	94	1.96	1.98	00	02	04	06	08	10	12
20	70	1.87	1.89	1.91	1.93	1.95	1.97	1.99	2.01	2.03	2.04	2.06
21	69	81	83	85	87	89	91	93	1.95	1.97	1.98	00
22	68	75	77	79	81	83	86	88	89	90	91	1.93
23	67	69	71	73	75	77	79	81	82	84	85	87
24	66	63	65	67	69	71	72	74	75	77	79	80
25	65	1.57	1.59	1.60	1.62	1.64	1.66	1.67	1.69	1.70	1.72	1.73
26	64	50	52	53	55	56	58	60	62	63	65	66
27	63	43	46	47	48	49	51	52	54	56	58	59
28	62	36	38	39	41	42	44	45	47	49	50	51
29	61	29	31	32	34	35	36	37	39	41	42	43
30	60	1.23	1.24	1.24	1.26	1.28	1.29	1.29	1.31	1.33	1.34	1.35
31	59	15	16	17	19	20	21	21	23	24	26	27
32	58	07	08	09	11	12	13	13	15	16	18	19
33	57	00	01	01	03	04	05	05	07	08	09	10
34	56	0.92	0.93	0.93	0.95	0.96	0.97	0.97	0.99	00	01	01
35	55	0.84	0.85	0.85	0.87	0.88	0.88	0.88	0.90	0.91	0.92	0.92
36	54	76	77	77	78	79	80	80	82	83	83	83
37	53	68	68	68	70	71	72	72	73	74	74	74
38	52	59	60	60	61	62	63	63	64	65	65	65
39	51	51	52	52	53	53	54	54	55	56	56	56
40	50	0.43	0.43	0.43	0.44	0.44	0.45	0.45	0.46	0.47	0.47	0.47
41	49	35	36	36	37	37	38	38	39	40	40	40
42	48	26	26	26	26	27	27	28	28	28	28	28
43	47	17	17	17	17	18	18	19	19	19	19	19
44	46	08	09	09	09	09	09	09	09	09	09	09
45	45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

تصحیح قيمة  
الضغط الجوي  
بالنسبة لخط العرض  
جدول (٨)

تتم من جدول تصحيح قيم الحرارة فبلغت ٤,٩٥ ملليبار

$$= 1010 - 4,95 = 1005,05 \text{ ملليبار}$$

٣ - تصحيح فارق الارتفاع عن سطح البحر :

ووجدت قيمه في جدول تصحيح الارتفاع ٣,٤ ملليبار

$$= 1005,05 - 3,4 = 1001,65 \text{ ملليبار}$$

— نطاقات الضغط الجوى الرئيسية حول الكرة الأرضية :

١ - نطاقات الضغط الجوى المنخفض : وتنقسم إلى نطاقين هما :

أ - نطاق الضغط المنخفض حول الدائرة الاستوائية ، والذي يوجد في

نطاق ما يعرف بنطاق "الرهو الاستوائى" ، وينتج عن الارتفاع

الحاد في درجات الحرارة طوال العام ، مما يؤدي إلى تصاعد

تيارات الهواء إلى أعلى ، هذا إلى جانب تشبع الهواء ببخار

الماء ، وتؤدي هذه العوامل إلى قلة كثافة الهواء وتخلله وبالتالي

انخفاض الضغط الجوى .

ب - نطاقى الضغط المنخفض قرب الدائرتين القطبيتين الشمالية والجنوبية

حول الدائرة ٦٠° شمالاً وجنوباً ، وينشأ نطاقى الضغط هذان بسبب النقاء

الرياح القادمة من ناحية الدائرة ٣٠° ومن اتجاه القطب مما يؤدي إلى

نشوء تيارات صاعدة ولذلك يسمى بالضغط المنخفض الديناميكي للفرقة

بينه وبين الضغط المنخفض الحرارى حول خط الاستواء .



## ٢ - نطاقات الضغط المرتفع :

وتنقسم هذه النطاقات إلى أربعة نطاقات هي :

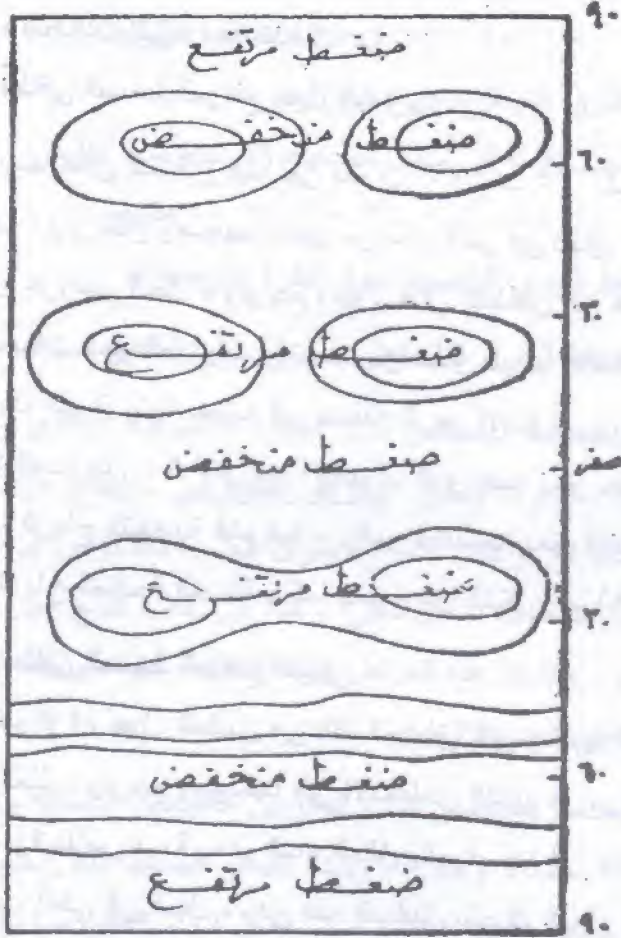
أ - نطاقى الضغط المرتفع حول المدارين :

يمتد هذان النطاقان فيما بين دائرتى  $30^{\circ}$  -  $35^{\circ}$  شمالاً وجنوباً تقريباً ، وإن كان وضعهما يتغير من عام لآخر فى نطاق يعرف باسم نطاق عروض الخيل ، ويرجع وجود هذان النطاقان إلى هبوط الهواء من طبقات الجو العليا بعد أن صعد من نطاق الرهو الاستوائى ، وعند هبوط هذا الهواء يتجه بعضه إلى منطقة الرهو الاستوائى وبعضه ناحية دائرة العرض  $60^{\circ}$  ش/ج ، فالهواء الذى يتجه نحو خط الاستواء يسبب الرياح التجارية الشرقية ، والهواء المتجه نحو الدائرة القطبية يسبب الرياح العكسية الغربية ، كما يتضح من الشكل رقم (١٩).

ب - نطاقى الضغط المرتفع القطبى :

يتمركزان حول القطبين فى تلك المناطق التى يغطيها الجليد على مدار العام ، ويرجع وجودهما إلى الانخفاض الشديد فى درجة حرارة الهواء ، وانخفاض نسبة بخار الماء العالق بالهواء هذا إلى جانب الهواء الهابط من أعلى إلى أسفل ، وفى هذه المناطق يتحرك الهواء الهابط من أعلى الدائرتين القطبيتين فتنشأ الرياح القطبية وهى رياح شرقية أيضاً.

ومما تقدم نرى أن مناطق الضغط الرئيسية لها دور كبير فى تحريك الرياح الدائمة على سطح الكرة الأرضية متمثلة فى الرياح التجارية والرياح العكسية والقطبية .



الشكل رقم (١٩) التوزيع المثالي لمناطق الضغط الرئيسية

## ثانياً: الرياح : Wind

أجهزة قياس اتجاه وسرعة الرياح وأهمها:

## ١ - قياس اتجاه الرياح:

ويستخدم لتحديد اتجاه الرياح دوارة الرياح Wind Vane والتي تتركب من ذراع من حديد على شكل سهم يوجد في مؤخرته جزء عريض مفلطح، يثبت هذا الذراع على عمود رأسى حر الحركة، بحيث إذا ما اصطدمت الرياح بالجزء العريض من الذراع يدور حتى يشير السهم إلى الجهة التي تأتي منها الرياح، ولذلك تسمى الرياح باسم الجهة التي تأتي منها يرتكز هذا العمود الرأسى فوق عمود آخر ثابت ارتفاعه غالبا ٣ بوصة مثبت فيه أربعة أذرع يشير كل منها إلى إحدى الجهات الأصلية الأربع .

## ٢ - قياس سرعة الرياح :

ويستخدم لذلك عدة أجهزة منها :

### أ - الأنيموميتر : Anemometer

ويعرف أحيانا بأنيموميتر روبسون Anemometer Robinson وهو عبارة عن عمود مثبت به عدد من أنصاف الكرات المعدنية ، ويتصل العمود بعدد وعندما تدور الأجزاء المعدنية بفعل الرياح يسجل العداد قراءات سرعة في فترة محددة من الزمن .

### ب - الأنيموجراف : Anemograph

وهو جهاز به ريشتان احدهما تسجل سرعة الرياح والأخرى تسجل الاتجاه على اسطوانة بها ورقة تسجيل مرسوم عليها شريط متغير العرض



بسبب الذبذبات المستمرة لأعلى وأسفل نتيجة للتغير في سرعة الرياح، ويمثل الخط المتوسط متوسط سرعة الرياح .

### ج - الأنيموميتر الكهربائي : Electric Anemometer

ويتركب من مولد كهربى متصل بعمود الطاسات ( أو ما يشبه المروحة ) بسلك، وعند دوران الطاسات أو المروحة تتحول الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية ، أى تولد تياراً كهربائياً تتوقف شدته على سرعة دوران الطاسات، وينتقل التيار بأسلاك إلى فولتميتر به تدريج مصمم على أساس قراءة سرعة الرياح مباشرة بدلاً من فرق جهد التيار، أو يظهر على شاشة كما هو الحال في الأجهزة الالكترونية الحديثة.

### ثالثاً : قياس الرطوبة الجوية : Humidity

ويجب أن نفرق بين كلا من الرطوبة المطلقة Absolute Humidity وهى تمثل كمية بخار الماء الحقيقية الموجودة فى الهواء، وتقدر بعدد من الجرامات فى المتر المكعب من الهواء ، وتصل الرطوبة المطلقة منتهاها فى المناطق الاستوائية وتنخفض جداً عند القطبين، كما تزداد بالقرب من المسطحات المائية وعند وجود الغطاء النباتى الكثيف .

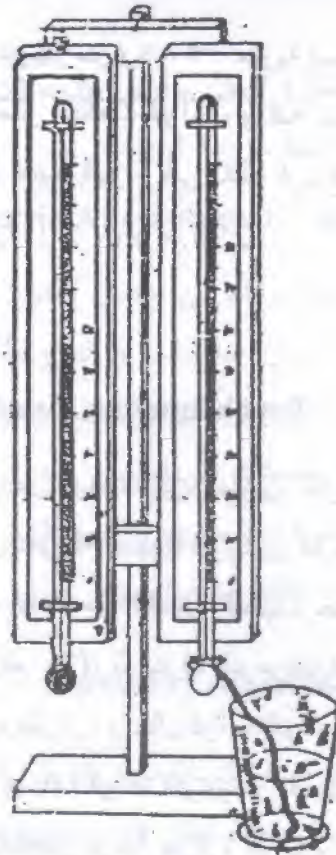
الرطوبة النسبية Relative Humidity فهى عبارة عن نسبة بخار الماء فى الهواء، وهذه النسبة هى عبارة عن كمية بخار الماء الفعلية فى الهواء منسوبة إلى كمية بخار الماء التى يستطيع الهواء أن يحملها تحت نفس درجة حرارته، أو بمعنى الآخر طاقة الهواء على حمل بخار الماء،

فمثلا إذا كان الهواء فى درجة حرارة ٢٠ ° مئوية يستطيع أن يحمل ٨ ذرات من بخار الماء فى المتر المكعب الواحد، ولكنه يحمل فعلا ٦ ذرات فقط ، فمعنى هذا أن درجة تشبع الهواء هى ثلاثة ارباع فقط ، والرطوبة النسبية فى هذه الحالة هى  $= \frac{6}{8} \times 100 = 75\%$  .

## ٢- أجهزة قياس الرطوبة :

### ١- الهيجرومتر أو السيكرومتر Psychrometer :

ويتكون هذا الجهاز من ترمومتريين مملؤين بالزئبق يوضعان فى وضع رأسى على حامل يمكن تحريكه بسهولة، ويكون الترمومتريان من نوع واحد، غير أن أحدهما تلف قطعة من القماش النظيف حول فقاعته، وتبلل قطعة القماش بالماء (الشكل رقم ٢٠)، ثم يترك الترمومتريان فى الهواء لمدة دقيقة أو دقيقتان ثم يقرأ الترمومتريان، وتمثل قراءة الترمومتر الجاف درجة حرارة الهواء العادية ، بينما قراءة الترمومتر المبلل ستكون أقل من الترمومتر الجاف ، ويرجع انخفاض درجة حرارة الترمومتر المبلل إلى تأثير فقاعة الترمومتر بعملية تبخر الماء الموجود فى قطعة القماش ، وما تستنفذه عملية التبخر من حرارة يؤخذ الفرق بين درجة الحرارة العادية ودرجة الحرارة التى يعطيها الترمومتر المبلل، كأساس لتقدير الرطوبة النسبية وعن طريق استخدام جداول خاصة يمكن الحصول على رطوبة الهواء كما هو الحال فى الجدول رقم (٩).



الشكل رقم (٢٠) الهيجرومتر

## ٢ - الهيجرومتر ذو الشعر: Hair Hygrometer

وهو جهاز تقوم فكرته على أساس مقدار ما يطرأ على حزمة من شعر الانسان ( شعر الرأس ) من تمدد أو تقلص تبعاً لتغير نسبة الرطوبة في الهواء ، فالمعروف أن شعر الإنسان يتمدد كلما زادت الرطوبة ويتقلص في الهواء الجاف، ولذلك فإن الجزء المهم في هذا الجهاز هو حزمة مكونة



الجدول رقم (٩) حساب الرطوبة النسبية من قراءات الترمومتر الجاف والترمومتر المبلل بالدرجة المئوية

[illegible]

من عدة خصلات من الشعر، ومثبت في هذه الحزمة سن ريشة يتحرك أمام مسطرة مقسمة إلى مائة قسم من صفر إلى ١٠٠ ، تدل الأقسام على الرطوبة النسبية وعندما تتغير نسبة الرطوبة يتحرك سن الريشة تبعاً لتمدد حزمة الشعر أو تقلصها ، ويدل الرقم الذى يثبت أمامه على الرطوبة النسبية ( الشكل رقم ٢١ ).



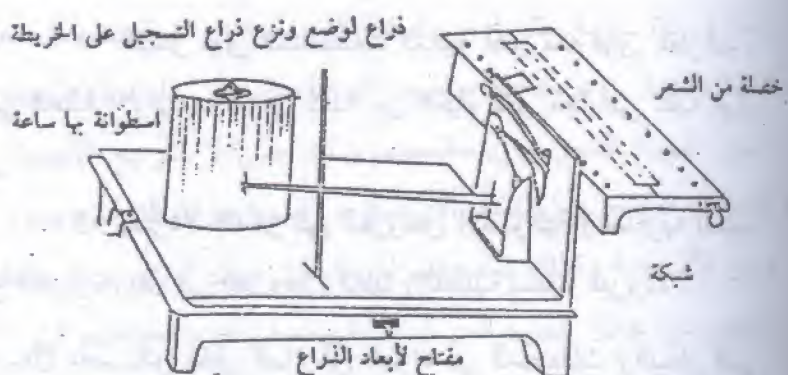
الشكل رقم (٢١) جهاز الهيجرومتر ذو الشعر لقياس الرطوبة

ومن عيوب هذا الجهاز أن تأثير تغير الرطوبة على حزمة الشعر لا يحدث في نفس اللحظة التي يحدث فيها التغير في الهواء بل يختلف عنه قليلاً ، وهي مسألة يجب تقديرها.

## ٢- الهيجروجراف : Hygrograph

يعتمد هذا الجهاز على نفس الفكرة التي يعتمد عليها الهيجرومتر ذو الشعر ، وأهم فرق بينهما هو أن الهيجروجراف يسجل التغيرات التي تطرأ

على الرطوبة النسبية تسجيلاً آلياً مستمراً على خريطة مقسمة تقسيمياً خاصاً مقسمة إلى خطوط أفقية تبين التباين في الرطوبة وخطوط رأسية تمثل أيام الأسبوع السبعة ، تثبت هذه الخريطة على اسطوانة دوارة يلامسها سن ريشة يرسم خطوط مع دوران الاسطوانة كما هو الحال في الترموجراف والباروجراف، وتتصل الريشة بذراع متصل بشعرة تتأثر بتغير رطوبة الهواء (الشكل رقم ٢٢).



الشكل رقم (٢٢) جهاز الهيجروجراف الشعري



## رابعاً : التبخر : Evaporation

ويعنى التبخر انتقال بخار الماء من سطح الأرض إلى الهواء ، وبخار الماء فى الهواء لا يمكن رؤيته بواسطة العين المجردة ، وتتوقف سرعة التبخر وكميته على درجة حرارة الهواء وعلى درجة جفافه وكذلك على مدى تحركه ، ففي الأيام الحارة الجافة ذات الرياح النشطة يصبح التبخر سريعاً والعكس ، وتوجد صفات عامة لتوزيع التبخر من أهمها :

١ - التبخر فوق المسطحات المائية أكثر منه فوق القارات ، لأنه فى الحالة الأولى - تتوفر كمية من المياه أكثر مما هى عليه فوق اليابس .

٢ - يزداد التبخر فى العروض الاستوائية والمدارية بسبب ارتفاع الحرارة ويقل فى العروض العليا والقطبية بسبب البرودة .

وتتمثل مصادر بخار الماء فى الهواء فى المحيطات والبحار التى تغطى مساحة تبلغ حوالى ثلاثة أرباع الكرة الأرضية ، أو من خلال مسام النبات عن طريق النتح أو من خلال تنفس الانسان والحيوان أو من سطح الأرض الرطب ، وتعود هذه المياه مرة أخرى إلى سطح الأرض عن طريق التكاثف ، ويلاحظ أن حوالى نصف كمية بخار الماء فى الهواء فى الجزء الأسفل من الغلاف الغازى تحت ارتفاع ٣٥٠٠ متر .

## ١- أجهزة قياس التبخر :

### ١- مقياس بيتس :

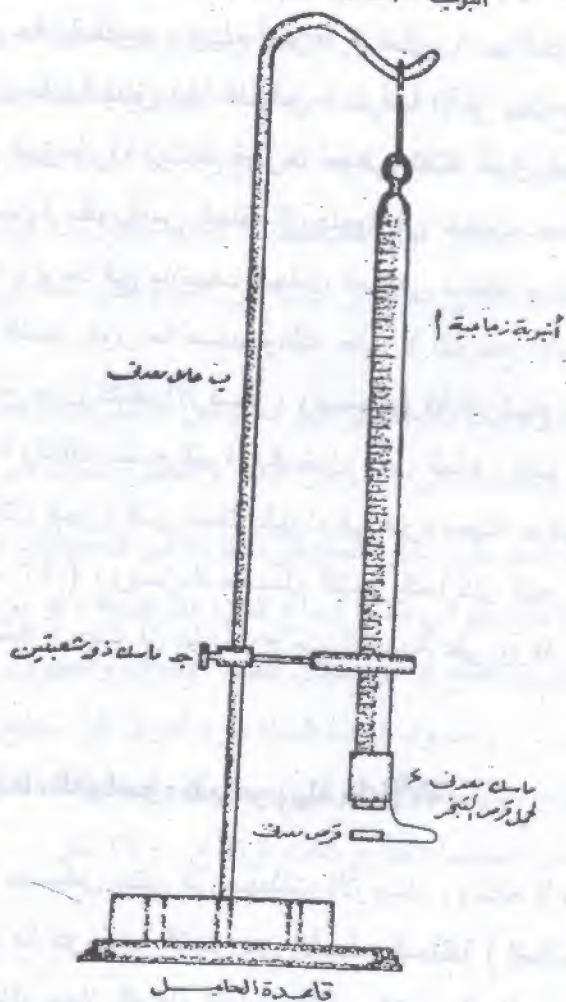
يتركب هذا المقياس من أنبوبة زجاجية يتراوح طولها ما بين ٢٥ إلى ٣٠ سم مدرجة بالمليمتر ، ويبلغ قطرهما الداخلى ١ سم أحد طرفيها مقفل وبه حلقة زجاجية يعلق فيها المقياس ، طرفها الآخر مفتوح يقفل بقرص معدنى يوضع فوق ورقة ترشيح قطرها حوالى ثلاثة أميال قطر الأنبوبة ، وتعلق الأنبوبة مقلوبة من الحلقة الزجاجية فى خطاف حامل معدنى ذو قاعدة خشبية ، ويوجد فى منتصف الحامل المعدنى ماسك ذو شعبتين تلتفان حول أنبوبة التبخر دون ملامستها وذلك حتى لا تتأرجح الأنبوبة ، إذا ما اشتدت الرياح حول كشك الأرصاد ، وتسمح ورقة الترشيح بخروج الماء من الأنبوبة وكذلك تسمح للهواء بالدخول محل الماء ، ويتم حساب الماء والتبخر من خلال الجزء الذى امتلأ بالهواء فى فترة معينة حوالى ٢٤ ساعة ( شكل رقم ٢٣ ) ، ويزداد معدل التبخر كلما كان الجو حاراً ونسبة الرطوبة منخفضة ، حيث أن ما يخرج من الأنبوبة على ورقة الترشيح يتم تبخره .

### ٢- جهاز الوعاء القياسى : مقياس ويلد : Wild

يستخدم مقياس بيتس فى محطات الأرصاد ، ولكنه لا يعطى فكرة صحيحة إلى حد ما عن كمية التبخر من الأسطح المطلقة ( المكشوفة ) لذلك يفضل استخدام جهاز الوعاء القياسى لقياس التبخر المباشر من الأسطح

المكتشفة، لما لذلك من أهمية في الأبحاث الجومائية ذات الأهمية القصوى بالنسبة لمشاريع الري وبناء السدود .

### أثرية التجرد بالعامل



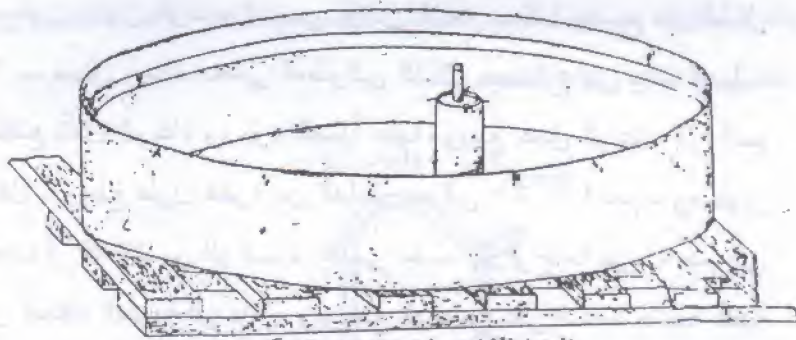
الشكل رقم (٢٣) جهاز بيئش



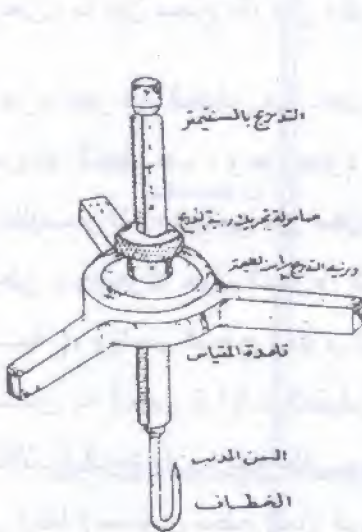
ويتكون جهاز الوعاء القياسى لقياس التبخر— كما يتضح من الشكل رقم ٢٤ — من وعاء معدنى اسطوانى الشكل مصنوع من مادة الصلب المجلفن لمنع تآكل الوعاء ووجود الصدأ عليه، ويبلغ عمق الوعاء ٢٥,٤ سم من الداخل ، ويبلغ طول قطره من الداخل حوالى ١٢٠,٦٥ سم ، ومحفور على الجدار الداخلى للوعاء على بعد يتراوح ما بين ٥ سم إلى ٧ سم من الحافة العلوية للوعاء ، ويوضع الوعاء على قاعدة خشبية أفقية المستوى حتى تعزل ما بين سطح الأرض والوعاء .

ويوضع جزء آخر فى المقياس فى داخل الوعاء لتقدير ما يتم تبخيره، وهو المقياس ذو الخطاف ، وهو عبارة عن ساق قلاووظ مدرجة إلى سنتيمترات وملليمترات ، وينتهى من اسفل بخطاف ذو رأس مدبب ملتو ومتجه إلى أعلى ، ويتحرك حول المجرى الحزونى من هذا الساق قرص دائرى ( ورنية )، ويشمل السطح العلوى لهذا القرص مائة تدريج ، كما يوجد سهم يستعان به لتعيين قراءات المقياس ، ويحيط بهذا القرص حلقة دائرية ذات ثلاثة أذرع بارزة للارتكاز ، ويمكن بواسطة الورنية قياس الاختلاف فى ارتفاع مستوى سطح الماء فى الوعاء إلى أقرب ٠,٠١ من الملليمتر ، إذ أن كل لفة كاملة لهذه الورنية ( مائة تدريج ) تقابل ارتفاع أو انخفاض الرأس المدبب لخطاف بمقدار ملليمتر واحد .

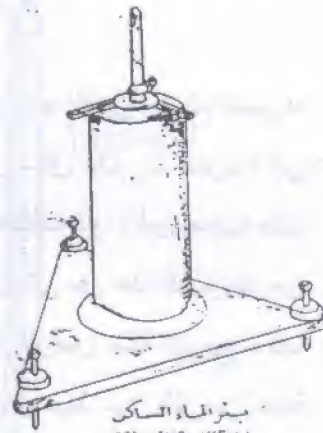
ولأنه من الواجب أخذ القراءة والماء ساكن خالى من أى اهتزازات تسببها الرياح لذلك يغمس الخطاف المدبب فى بئر يسمى بئر الماء الساكن يرتكز فوق قاعدة الوعاء القياسى ، وبئر الماء الساكن عبارة عن اسطوانة



الوعاء القياسي (CLASS A) لقياس كمية التجر



المقياس والخطاف  
(HOOK GAUGE)



مقياس الماء الساكن  
STILLING WELL

الشكل رقم (٢٤) الوعاء القياسي لقياس كمية التجر

مجوفة مصنوعة من مادة غير قابلة للصدأ ذات سمك بسيط ارتفاعها حوالى ٢٠ سم وطول قطرها من الخارج ٨,٧٥ سم تقريباً ، وقاعدة هذا البئر مثلثة الشكل ذات ثلاثة مسامير قلاووظ عند كل رأس من رؤوس المثلث ، وتستخدم هذه المسامير لتعديل المستوى الأفقى للحافة العليا للبئر ، ويوضع هذا البئر رأسياً وبصفة دائمة داخل الوعاء القياسى لقياس التبخر مرتكزاً على قاع الوعاء بواسطة المسامير القلاووظ للبئر، وعلى بعد ٣٠ سم من الطرف الشمالى للوعاء، ويكون ارتفاع الماء فى البئر والوعاء فى مستوى واحد .

#### خامساً : المطر : Rain

##### — طريقة تكون المطر :

إنه من المسلم لى يحدث تساقط مطرى لابد من وجود سحب، وكذلك لابد من وجود النويات التى تتجمع حولها قطرات الماء من ذرات بخار الماء فى الهواء، حتى يصبح حجم قطرات المياه من النقل بحيث لا يستطيع الهواء حملها فتسقط على الأرض، ويتوقف سقوط المطر على حالة الثبات Stability أو عدم الثبات Instability فى الكتل الهوائية، لأنه لى تسقط الأمطار لابد وأن تكون الكتل الهوائية غير مستقرة أى تتصف بعدم الثبات، والذى يعنى أن الهواء لا يقاوم الارتفاع الرأسى أو الصعود إذا ما تعرض له، ويصبح انخفاض الحرارة فى الكتلة كبير بسبب عامل الارتفاع .



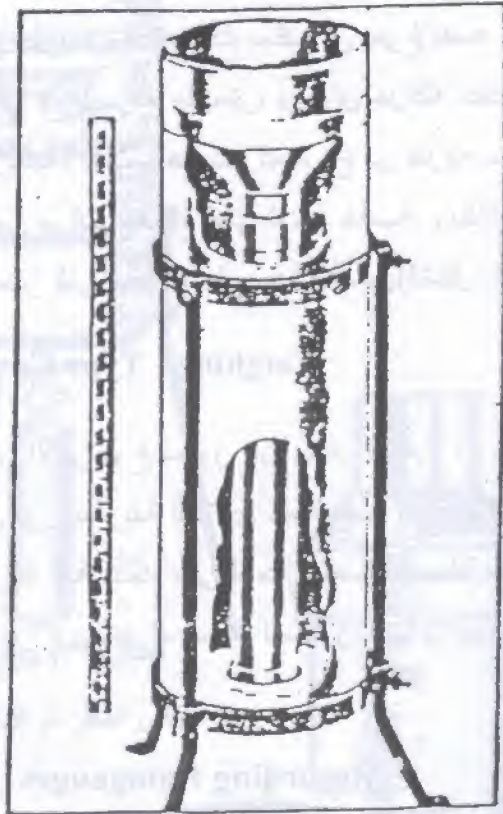
أما في حالة الثبات فإن الهواء يقاوم أى حركة رأسية ولا توجد فرصة لحدوث حركة تصعيد، ويساعد على ذلك برودة الأجزاء السفلى من الكتلة الهوائية بحيث يصبح معدل انخفاض الحرارة بالارتفاع قليل جداً، وبالتالي تتعدم فرصة سقوط المطر في مثل هذه الحالات .

### ٢ - قياس المطر :

تستخدم في قياس كميات الأمطار عدة أجهزة أبسطها وأكثرها انتشاراً ما يلي:

#### ١ - جهاز القياس : Rain gauge

ويتتركب الجهاز من اسطوانة معدنية قطرها غالباً حوالى ٢٠ سنتيمتر، وبداخلها قمع مركب فوق اناء تجميع ماء المطر كما يوجد معها مخبر مدرج لقياس الماء المتجمع ، وقد يوضع المخبر داخل الاسطوانة المعدنية بدلاً من الاناء بحيث يتجمع فيه ماء المطر مباشرة، ويوضع الجهاز دائماً في العراء ، ويدل ارتفاع الماء الذى يتجمع في المخبر على كمية المطر التى سقطت ، ويتم حسابها إما بالمليمتر أو بالبوصات ( الشكل رقم ٢٥ ) .



الشكل رقم (٢٥) جهاز قياس المطر العادي

#### - جهاز الدلو المائل : Tipping Bucket Gauge

وهو يعتبر جهاز معدل لجهاز القياس السابق ويتم فيه تسجيل كمية المطر الساقطة بطريقة آلية ، ويتركب الجهاز من نفس الأجزاء التي

يتركب منها جهاز القياس العادي ولكنه يزيد عنه في وجود دلو صغير أسفل الجهاز موضوع بطريقة مائلة بحيث يمكنه أن يفرغ نفسه آلياً كلما تجمع به مقدار من المطر يعادل ربع ملليمتر، وتؤدي حركته عند التفريغ إلى توصيل دائرة كهربائية، بمقتضاها يتحرك ذراع في طرفه سن ريشة تبين به كل مرة من مرات التفريغ على لوحة خاصة، وبالتالي يمكن حساب مجموع كمية المطر التي سقطت على هذا الأساس (الشكل ٢٦).

### ٣ - ميزان المطر : Weighing - Type Gauge

وهذا الجهاز هو الآخر نوع مطور من جهاز القياس ، وهو مزود بميزان خاص يمكنه أن يزن بطريقة آلية أى كمية مطر يستقبلها الجهاز ، ويسجل الوزن بطريقة آلية كذلك على لوحة خاصة بواسطة سن ريشة مثبت في نهايتها ذراع يتحرك تبعاً للوزن الذى يبينه الميزان (الشكل رقم ٢٧).

### ٤ - جهاز تسجيل المطر : Recording Raingauges

ويتكون الجهاز من حوض فوقه قمع لجمع ماء المطر ، كما يوجد داخل الحوض عوامة تنتهى بمؤشر في طرفه ريشة بها حبر ترسم على ورقة رسم بيانى ملفوفة حول اسطوانة دوارة ، وعندما يرتفع الماء في الحوض ترتفع العوامة وتنتقل الحركة إلى الذراع والريشة وتسجل كمية المطر على ورقة الرسم البيانى، كما يوجد بالحوض صنوبر خاص لتعديل الماء الموجود فى الاناء لتبدأ الريشة التسجيل من خط الصفر (الشكل ٢٨).



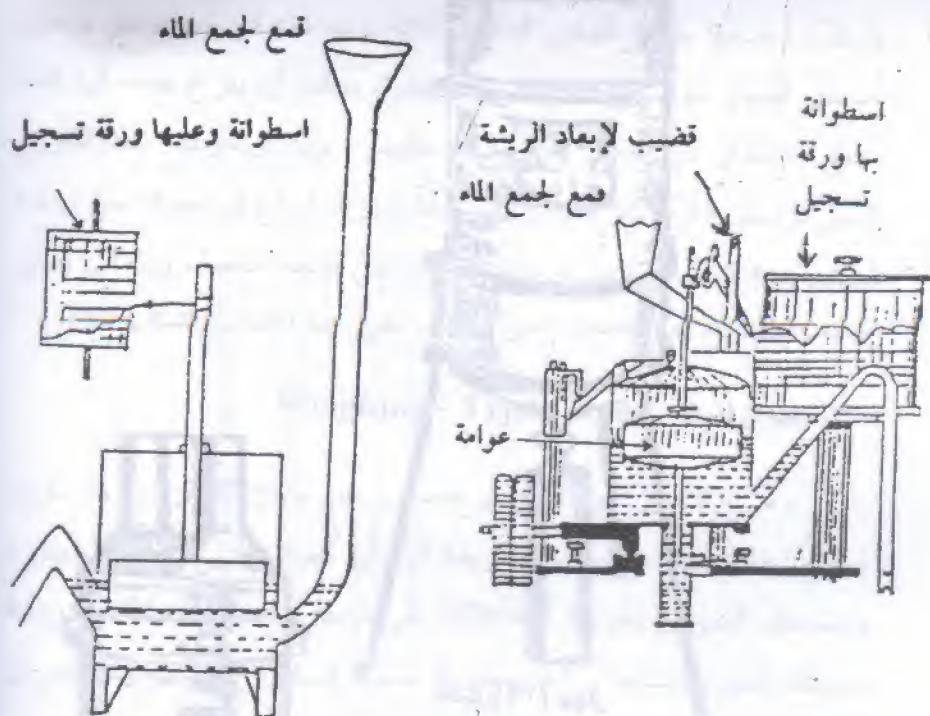


الشكل (٢٦) جهاز

قياس المطر ذو الدلو المائل



الشكل رقم (٢٧) ميزان المطر



الشكل رقم (٢٨) جهاز تسجيل المطر المبسط

### — مشكلات قياس المطر :

على الرغم من التطورات التي طرأت على أجهزة قياس المطر وغيرها من أجهزة قياس العناصر المناخية فإن قياس المطر بالذات مازال معرضاً لبعض الأخطاء الناجمة عن أسباب مختلفة ، فقد تحدث بعض

الأخطاء نتيجة لعدم دقة القراءات أو عمليات القياس التي يقوم بها الراصد نفسه ، كما أن بعضها قد يحدث بسبب أى خلل فى أجهزة التسجيل ، أو بسبب نوعية الجهاز المستخدم أو بسبب عدم وضعه فى الموضع الصحيح ، وبكفى أن نعلم أنه حتى الآن لا يوجد نوع قياس موحد للجهاز التقليدى لقياس المطر ، ولا يوجد اتفاق بين كل مراصد العالم على حجمه أو المواصفات المطلوبة لتكوينه ، ولهذا فإن مقارنة البيانات المستمدة من أجهزة القياس المستخدمة فى البلاد المختلفة لا تكون فى كثير من الأحيان دقيقة بالدرجة المطلوبة ، ولمعالجة هذه المشكلة فقد ابتكرت منظمة الأرصاد الجوية الدولية International Meteorological Organisation جهازاً قياسياً لتصحيح قراءات الأجهزة المستخدمة فى مختلف الدول ، وقد ظهر أن الفروق بين هذه الأجهزة وبين قراءات المقياس الدولى تتراوح ما بين ٥ ٪ إلى ١٥ ٪ .

وليس هناك ارتفاع واحد لتثبيت جهاز قياس المطر عن سطح الأرض ، ومازال تحديد الارتفاع الأمثل مختلفاً عليه حتى الآن ، فعلى الرغم من أن كمية المطر المطلوب حسابها فعلاً هى الكمية التى تصل إلى سطح الأرض نفسه ، فإن القياس على هذا المستوى لن يكون دقيقاً من الناحية العملية ، لأن المياه التى تتجمع فى الجهاز فى هذه الحالة مقصورة على مياه المطر التى تسقط فوقه مباشرة بل ستضاف إليها كميات لا يستهان بها من المياه التى تتبخر نحوه من الأرض المجاورة عند سقوط المطر عليها .



ومن ناحية أخرى فإن وضع الجهاز فى مستوى أعلى من سطح الأرض يؤدى إلى اعتراض الرياح وحدوث دوامات بها مما يؤدى إلى زيادة سرعتها ودفعها لنقاط المطر الساقطة بعيداً عن الجهاز ، وذلك بالأخص أثناء هبوب الرياح القوية التى تكون فى كثير من الأحيان مصاحبة لسقوط المطر ، وهكذا فإن المستويات التى توضع عليها الأجهزة فى الدول المختلفة تتفاوت من ٣٠ سم إلى مترين أو أكثر فوق سطح الأرض .

وتظهر هذه المشكلة بصورة أوضح عند وضع هذه الأجهزة على المرتفعات، بسبب ارتفاع سرعة الرياح وكثرة الاضطرابات الجوية، ولتقليل الخطأ فى نتائج القياس فى مثل هذه الظروف يبنى حول جهاز القياس حائط بمقاييس محسوبة، وعلى بعد محسوب كذلك لى يقلل من سرعة الرياح ولا يعرقل فى نفس الوقت سقوط المطر فى الجهاز. بعض الخطوات الواجب اتباعها عند قياس المطر :

١- يجب وضع جهاز قياس المطر فى مكان مكشوف بعيداً عن الأشجار والمباني للحصول على نتائج دقيقة .

٢- يجب عدم وضع الجهاز فى مكان مرتفع كثيراً عن الأجزاء المحيطة لأن شدة سرعة الرياح تعرقل وصول المطر الساقط كله إلى الجهاز .

### سادساً : السحاب : Clouds

تتكون السحب من ملايين من الجزيئات الصغيرة من الماء وبسبب صغر هذه الجزيئات يستطيع الهواء أن يحملها ، وتتمكن الرياح من نقلها

وتحريكها من مكان إلى آخر ، ويوجد تشابه كبير بين كل من السحاب والضباب ولكن الضباب قريب من سطح الأرض والسحاب فى الطبقات العليا من الجو ، وتأتى أهمية دراسة السحب فى أنها مصدر كل أنواع التساقط خاصة الأمطار والثلوج ، وان كان ليس من الضروري أن تسقط كل السحب أمطاراً ، إلا أن الأمطار لا تسقط إلا لو كان هناك سحب ، وكذلك ما للسحب من أثر على مقدار الاشعاع الشمسى الذى يصل إلى سطح الأرض ودوره فى التأثير على باقى عناصر المناخ .

### - كمية السحب :

يتم توضيح هذه الكمية على أساس افتراض أن قبة السماء مقسمة إلى ثمانية أقسام ، وتحسب الكمية بعدد الأقسام التى تغطيها السحب الموجودة فى قبة السماء ، وتستخدم لذلك رموز وشفرات سيرد ذكرها فى خرائط الطقس .

### أولاً : أجهزة قياس ارتفاع قاعدة السحاب :

يعبر عن ارتفاع قاعدة السحب بارتفاع هذه القاعدة عن مستوى مكان الرصد أو مستوى سطح الأرض المقام عليها جهاز المطر العادى ، وفى محطات الأرصاد الملحقه بالمطارات يعبر عن ذلك بارتفاع قاعدة السحب عن مستوى الارتفاع الرسمى للمطار حتى يحىء مطابقاً للاحتياجات الملاحة الجوية ، ويمكن قياس ارتفاع قاعدة السحب بواسطة اطلاق بالونة أو بواسطة الكشف الضوئى فى أثناء الليل .

## ١- قياس ارتفاع قاعدة السحاب بواسطة البالونة :

يُقاس ارتفاع السحاب عادة فوق مستوى سطح محطة الرصد بواسطة الراصد ، ويستخدم الراصد لذلك البالونة تملأ بمقدار محدد من الأيدروجين أو الهيليوم وذلك حتى تكون سرعة البالونة معلومة ، ويتم حساب الزمن من لحظة انطلاق البالونة حتى بداية اختراقها السحاب من أسفل ، وعليه يمكن تحديد ارتفاع السحاب وذلك بضرب سرعة صعود البالونة في مدة الصعود التي استغرقتها حتى وصلت إلى الجزء السفلي من طبقة السحاب ، مثال قد تكون سرعة البالونة ٥٠ متراً في الدقيقة ، وقطعت البالونة المسافة في ١٠ دقائق حتى بدأت تخترق السحاب، وعليه يكون ارتفاع السحاب هو  $٥٠ \times ١٠ = ٥٠٠$  متر ، وقد تستخدم البالونة ليلاً ولكن يعلق بها من أسفل مصباح خاص ، وعندما يبدأ المصباح في الاختفاء يبدأ حساب ارتفاع السحاب ولكن قد تصادف هذه الطريقة بعض الصعاب هي:

١- اختفاء البالونة بسبب سحابة عابرة في مستوى أدنى من طبقة السحاب .

٢- تأثير الرياح على البالونة ودفعها وانحرافها على المستوى الرأسى.

٣- قد تستغرق البالونة زمن قليل قبل أن تنطلق إلى أعلى بسرعتها المعتادة .

## ٢- كشف السحاب العادى :

يرسل الكشاف حزمة من الأشعة الضوئية المتوازية في اتجاه رأسى، عند وصولها إلى قاعدة السحاب تظهر على شكل بقعة مضيئة واضحة على قاعدة السحاب ، وعن طريق قياس زلوية ارتفاع هذه البقعة



على بعد مناسب من الكشف يمكن حساب ارتفاع قاعدة السحاب ، ويتم قياس زاوية البقعة المضئية فى اسفل السحاب بواسطة الأليداد أو الكالينومتر (شكل رقم ٢٩) ، ويتركب الأليداد من ذارع من النحاس الأصفر مثبت على لوحة من النحاس الأصفر أيضاً عليها تدريج مثل تدريج المنقلة الهندسية ، حيث تبدأ من الصفر فى كل من طرفيها وتنتهى بالتدريج ٩٠° عند القمة ، ويتحرك الذراع حول محور عمودى على مستوى اللوحة ، وكل من طرفى الذراع مدبب ومزود بسن عمودى عليه بحيث يستخدم السنان للتوجيه ، ويوضع الأليداد فى مكان مناسب يمكن منه رؤية الحزمة الضوئية عند زوايا الارتفاع المختلفة ، التى تتراوح عادة بين خمس درجات وخمس وثمانين درجة ، ثم يثبت فى القائم الرأسى بحيث يشير المؤشر أو طرف الذراع إلى الصفر عندما يكون الذراع أفقياً تماماً باستخدام ميزان تسوية .

### - طريقة القياس :

تدار اللوحة النحاسية حتى تكون فى المستوى المار بكشف الحساب ثم تحرك الشريحة النحاسية حتى يظهر السنان المدببان على استقامة واحدة مع العين والبقعة المضئية ثم تقرأ الزاوية التى يشار إليها طرف الشريحة أو المؤشر المثبت بها ، ويستخرج ارتفاع قاعدة السحاب بواسطة هذه الزاوية من الجدول الخاص بذلك .

لوحة المقياس المدرجة التي  
تتحرك حول المحور الراسي



الأليداد



الكلينومتر

الشكل رقم (٢٩)

## ثانياً : أجهزة قياس اتجاه السحاب وسرعتها :

ويستخدم لذلك بعض الأجهزة من أهمها ما يلي :

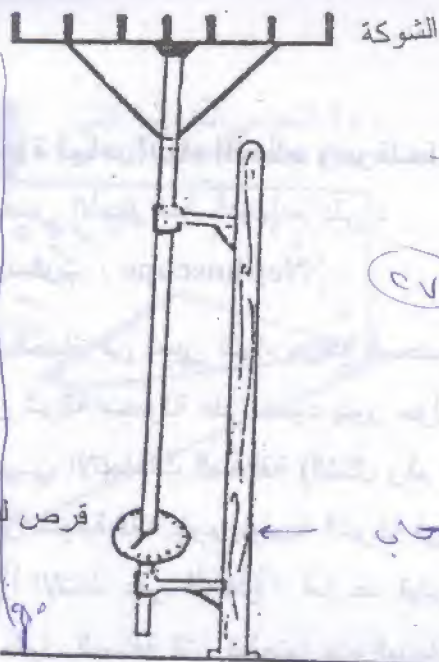
### ١ - جهاز النيفوسكوب : Neplescope

يستخدم هذا الجهاز في تعيين اتجاه حركة السحب وقياس سرعتها ، ويتكون الجهاز من شوكة محمولة على عمود يدور حول نفسه ومثبت عند قاعدته قرص يبين الاتجاهات المختلفة (الشكل رقم ٣٠). وعندما يريد الراصد رصد أى سحابة فإنه يقوم بتوجيه الشوكة في نفس اتجاه حركة السحابة ثم يقرأ الاتجاه على القرص ، أما عند قياس سرعتها فإنه يتم حسابها على أساس طول المسافة التي قطعتها هذه السحابة في مدة معينة ، كما تظهر من أقسام الشوكة والزاوية المحصورة بين الخط الرأسى عند مكان الراصد والخط الواصل بين نقطة وقوف الراصد والمكان الذى تحركت اليه السحابة .

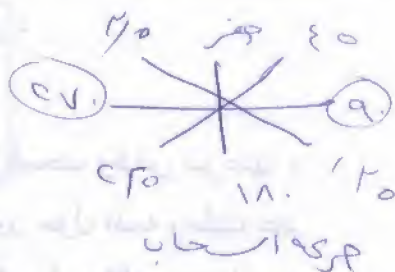
### ١- الكاميرا السماوية ذات المرايا : Photographic sky mirror

وقد اخترع هذه الكاميرا العالم جورجى Georgi في عام ١٩٣٣ ، وهى تتكون من مرأتين وكاميرا مثبتة في وسط احدهما (الشكل رقم ٣١) بحيث تسقط الأشعة الضوئية على سطح المرآة الكروية لتعكسها على سطح المرآة المستوية والمثبتة رأسياً على المرآة الكروية فتعكسها مرة ثانية على عدسة الكاميرا الموجودة في داخل المرآة الكروية ، وهذه الكاميرا السماوية ذات المرايا تستخدم في الحصول على صور للسحب التى تحجب الضوء في





مقر ٢٠٠  
شمال

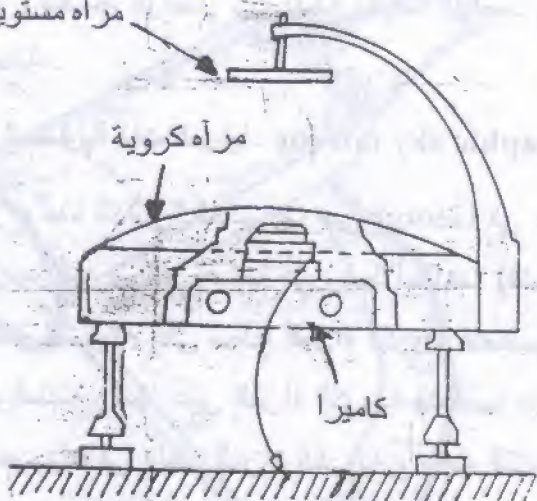


قرص لبيان الاتجاه

السحاب

الشكل رقم (٣٠) جهاز قياس اتجاه حركة السحب  
Stopwatch

مرآة مستوية



مع حساب الزمن  
ومن خلاله افتر  
انقرى بسرعة الدراج

الشكل رقم (٣١) الكاميرا السماوية ذات المرايا

السماء ، ولقد أدخل عليها بعض التعديلات حتى أمكن استخدامها في النقاط  
صور السحب المرتفعة والتي تصل إلى ارتفاع حوالى ١٢٠٠٠ متر،  
وتستخدم هذه الصور في معرفة أنواع السحب وارتفاعاتها المختلفة.

## — استخدامات الأقمار الصناعية في الأرصاد الجوية :

لقد عانى الإنسان منذ تواجده على سطح الأرض من الظواهر  
الجوية ، وقد حاول تذليلها والتعامل معها ، وعندما أعياه فهمها وأخافته  
ضراوتها جعل لكل ظاهرة إله وقدم له القرايين ، فجعل للرعْد إله وللْمَطَر  
إله مثلما جعل نبتون إله البحر ، وقد ظل الجو بما به من رعد ومطر  
وزوابع وأعاصير مصدر قلق وارهاب بالنسبة للإنسان كما كان ولازال  
مصدر رزق وخير له، وفي كل الأحوال ظل فهمه للظواهر الجوية وقدرته  
على التنبؤ بأحوال الجو مسألة يحاول السعى إليها ، حيث أن هذه الأحوال  
تؤثر في حياته ورزقه عن طريق الصيد والزراعة بطريق مباشر.

ونظراً لأننا نعيش في المنطقة العربية وجنوب حوض البحر المتوسط  
في ظروف جوية مستقرة نسبياً، إلى جانب عدم وجود الفوارق الواضحة بين  
فصول السنة، فإننا لا نستطيع أن نقدر بشكل دقيق أهمية الأرصاد الجوية،  
ويمكن أن نلاحظ هذه الأهمية في بعض مدننا الساحلية ، فمثلاً في مصر من  
يعيشون في مدينة الاسكندرية وبخاصة الصيادين الذين يحسبون مواعيد  
السنوات ، وكيف يستطيع الفرد منهم أن يتنبأ بالأحوال الجوية اعتماداً على  
خبرته الطويلة ، وكيف أن هؤلاء الصيادون يرتبون حياتهم على حسب

أهواء البحر وتغيراته السريعة ، بينما فى دول أخرى مثل الولايات المتحدة واليابان وبعض دول غرب أوربا تلعب التنبأت الجوية دوراً اقتصادياً كبيراً فى تقدير المحاصيل والغلات ، وفى متابعة الأعاصير والزوابع ، والتي قد تتحول فى بعض الأحوال إلى كوارث طبيعية .

ومن الأمثلة على هذه الكوارث الطبيعية ما يحدثه اعصار " أندرو " الذى يهب على الساحل الشرقى للولايات المتحدة من خسائر هائلة خاصة فى ولاية فلوريدا، فان هذا الاعصار يسبب خسائر تقدر بعدة بلايين من الدولارات، كما يؤدى إلى تدمير شامل لمناطق واسعة داخل الولاية ، وكثيرا ما تمت الحكومة الفدرالية يد العون والمساعدة لحكومة الولاية لمواجهة هذه الكوارث ، ولا شك أنه بالامكان تقليل حجم الخسائر فى الأموال والأرواح بشكل كبير ، وذلك عندما يتمكن السكان من الرحيل بعيدا عن المناطق التى تقع فى مسار الاعصار ، ويتطلب ذلك متابعة شبه لحظية ، لأن هذه الأعاصير تغير مساراتها بشكل فجائى وسريع ولا يمكن التنبؤ به ، ومن حسن الحظ أن الأقمار الصناعية يمكنها القيام بهذه المهمة ومتابعة مسارات هذه الأعاصير بشكل دقيق كما سيرد ذكره .

علم الأرصاد الجوية علم قديم ، أقدم بكثير من اطلاق الأقمار الصناعية وغزو الفضاء ، ويتم عن طريق محطات للأرصاد الجوية منتشرة فى جميع أنحاء العالم ، وتمتد هذه المحطات مراكز التنبؤات الجوية بمعلومات كثيرة عن الجو وعناصره من درجات الحرارة وضغط وسرعة رياح وغيرها ، ويتم التنبؤ بالجو عن طريق نماذج رياضية ضخمة ومعقدة



ويحاول بها خبراء الجو ، وهم فى الأصل دارسو فيزياء — محاكاة ما يحدث فى الطبيعة وبالتالي استنتاج زمن وموقع الأحداث الجوية المختلفة وإذا عنتها للتصرف بما يمليه الموقف للاستفادة من خيرها أو لتجنب النتائج الضارة للزوابع والأعاصير .

وينقسم التنبؤ الجوى إلى ثلاثة أنواع : تنبؤ قصير ومتوسط وطويل المدى ، وتقل دقة التنبؤ بطبيعة الحال كلما زادت مدته ، ومن ثم يمكن الاعتماد على التنبؤات الجوية الدقيقة إذا لم تزد مدتها عن يوم أو جزء من اليوم ، ومع ذلك عند استخدام تنبؤ ليوم قد يصادفه خطأ كبير كما يحدث فى النشرات الجوية التى نطالعها فى التليفزيون ، ولذلك تستخدم بعض الدول المتقدمة مثل الولايات المتحدة حاسبات أكثر تعقيد وقوة مثل الحاسب الفائق Super Computer المعروف باسم كراى .

وكلما زادت دقة وآلية المعلومات المتاحة لحاسبات التنبؤ الجوى ومراصده، كان التنبؤ أكثر دقة ، وقد كانت الأرصاد الجوية هى أحد التطبيقات المدنية التى استفادة مبكراً من الأقمار الصناعية ، ويمكن النظر إلى القمر الصناعى فى هذه الحالة على أنه برج مراقبة عالٍ جداً ويستطيع أن يكشف مساحة واسعة جداً من سطح الأرض والغلاف الجوى المحيط بالكرة الأرضية ، ومن ثم فإنه يستطيع أن يعطى معلومات دقيقة تماماً عن بعض الظواهر الجوية مثل تراكيب السحاب وتحركاته .

ويتم استخدام الأقمار الصناعية في الرصد الجوي في شكل نظامين للأقمار هما :

#### ١- أقمار في مدارات قطبية :

المدار القطبي مدار عمودي على خط الاستواء ، ويمكن تمثيله بحلقة حول الكرة الأرضية تشبه تلك التي تستعمل في النماذج التعليمية للكرة الأرضية، وتدور الكرة الأرضية كلها تحت هذه الحلقة من الغرب إلى الشرق بينما يدور هذا النوع من الأقمار الصناعية في هذه الحلقة المدارية القطبية من الشمال إلى الجنوب ، وبذلك يغطي القمر الصناعي كل نقط الكرة الأرضية التي تمر تحته في لحظة ما على عكس المدار الاستوائي الثابت الذي يغطي نقطة واحدة طوال الوقت ، وليس هناك ارتفاع معين للمدار القطبي ، ولكنه يختلف حسب الاستخدام ، وتستطيع هذه الأقمار التي تدور حول الأرض في فترات محددة لرصد وتصوير الظواهر الجوية التي تقع تحت مسارها .

#### ٢- الأقمار الساكنة أو الثابتة جغرافيا : Geostationary Satellites

وتطلق إلى المدار الثابت على ارتفاع ٣٦ ألف كيلو متر من سطح الأرض ، وتستغرق دورة القمر الصناعي على هذا المدار الوقت نفسه الذي تستغرقه الأرض في الدوران حول نفسها ، وعلى ذلك يبدو القمر ظاهريا وكأنه ساكن أو قابع فوق بقعة معينة من سطح الأرض ، كأن يكون فوق المحيط الهندي مثلاً وذلك لمتابعة الظواهر الجوية التي تحدث في منطقة الرصد .

تطور استخدام الأقمار الصناعية فى الأرصاد الجوية :  
وقد مرت استخدامات الأقمار الصناعية بعدة مراحل على النحو التالى:  
١- أقمار تيروس وكوزموس :

كان أول قمر استخدم فى الرصد الجوى هو القمر الصناعى  
المستكشف - ٧ ( Explorer - 7 ) الذى أطلقته الولايات المتحدة فى  
عام ١٩٥٩ ، وكان يحمل أول تجربة لقياس التغيرات فى الجو ، وتبع ذلك  
سلسلة أقمار تيروس Tiros وكان القمر تيروس - ١ الذى أطلق فى أول  
ابريل ١٩٦٠ هو أول قمر صناعى يسجل صور بالأشعة تحت الحمراء  
لتكوينات السحب فى طبقات الغلاف الجوى المنخفضة ، وقد أطلق من هذه  
المجموعات سبعة أقمار بين ١٩٦٠ - ١٩٦٣ وضعت فى مدار شبه قطبى  
على ارتفاع ٨٠٠ كم ، وكان القمر يتم دورته حول الأرض كل ١٠٠ دقيقة ،  
ولقد أثبتت هذه المجموعة فعالية استخدام الأقمار الصناعية لرصد ومراقبة  
الأحوال الجوية .

وشمل البرنامج الثانى للأرصاد الجوية باستخدام الأقمار الصناعية  
إطلاق تسعة أقمار على ارتفاع ١٦٠٠ كيلو متر ، وذلك فى الفترة من  
١٩٦٦ - ١٩٦٩ ، وفى عام ١٩٧٠ تم إطلاق أول قمر من طراز تيروس  
المحسن والمسمى " إتيوس Itos " وقد استخدم فى التقاط صور مرئية  
وحرارية لتجمعات السحب بدقة تبلغ كيلو متر واحد ، وتعتبر هذه الدقة كافية  
لتمييز تكوينات السحب المهمة العالية منها والمنخفضة ، وفى ذات الفترة  
نفسها تقريباً أطلق الاتحاد السوفيتى سلسلة أقمار كوزموس ، والتى كانت



تخدم أغراضاً مختلفة عسكرية ومدنية ، ومنها رصد الأحوال الجوية، ومن هذه السلسلة كان القمران كوزموس - ١٤٤ و كوزموس - ١٥٦ أساساً لنظام أرصاد جوية يسمى "ميتور".

## ٢- سلسلة أقمار نيمبوس Nimbus الأمريكية :

فى عام ١٩٦٤ أطلقت وكالة الفضاء الأمريكية " ناسا " أول قمر صناعى من سلسلة سميت " نيمبوس Nimbus " وخصصت هذه المجموعة لاختبار التكنولوجيات الجديدة ، وحملت هذه المجموعة سلسلة من الأجهزة المتطورة ، فخصص القمر الأول منها للتصوير المرئى والحرارى وحمل القمر نيمبوس - ٤ فى ابريل ١٩٧٠ أول أجهزة لقياس التدرج الحرارى الرأسى .

وفى ديسمبر ١٩٧٢ حمل نيمبوس - ٥ كاميرات ميكروموجية قادرة على الرؤية خلال السحب ، أما الأجهزة التى حملها نيمبوس - ٦ فهى التى تحملها الأقمار الصناعية منذ ١٩٧٨ للقياسات الحرارية والميكروموجية وتستخدمها الوكالة القومية الأمريكية للمحيطات والجو NOAA وهى الهيئة المنوط بها متابعة بحوث الأرصاد الجوية فى أمريكا ، والجيل الثالث من أقمار " إيسا Essa " وأمكن اختزان الصور فيها على شرائط مغناطيسية لتذاع على محطات المتابعة فى عدة بلاد حسب الطلب ، وقد أطلق منها ثمانية أقمار واشتركت مصر والكويت فى استقبال صور القمر " إيسا - ٨ " لتطعيم النشرات الجوية لرفع مستوى دقتها .

## — كيف يتم استخدام الأقمار في الأرصاد الجوية :

ان مفاتيح النماذج الرياضية لحركة الجو هي توزيع الضغط ودرجات الحرارة وسمك كثافة الطبقات الجوية ، ويمكن حساب حركة الرياح عن طريق غير مباشر برصد حركة السحب من أقمار ساكنة ، ويمكن لهذا الغرض تمثيل القمر الصناعي براصد على ارتفاع كبير جداً من الأرض مزود بتلسكوبات ذات قدرة عالية في كل من النطاقيين المرئى والحرارى ، ويسجل هذا الراصد حركة السحب قريباً من سطح الأرض وتدرج درجات الحرارة داخل طبقات السحب .

ويشبه رصد حركة السحب رصد التفاصيل المرئية على سطح الأرض ، فالسحاب يمكن رؤيته وتصويره بوضوح ، وتستنتج حركة السحب من تغير مواقعها مع الزمن ، ومنها يمكن تحديد سرعة الرياح ، وتستطيع الأقمار تحديد سمك طبقات الغلاف الجوى أيضاً ، ويفيد ذلك في تحديد مناطق الضغط الجوى المرتفع والمنخفض وتيارات الهواء وتوزيع درجات الحرارة ، ويتم ذلك عن طريق قياس ما يسمى بالتدرج الحرارى الرأسى .

وحيث أننا لا نستطيع استخدام ترمومترات لقياس درجة الحرارة عند كل كيلو متر من ارتفاع الغلاف الجوى ، لذلك لابد لنا من استخدام طريقة أخرى لقياس درجات الحرارة فى طبقات الغلاف الجوى المتتابعة ، وإن كان القياس فى الترمومترات يتم عن طريق ظاهرة التوصيل الحرارى ، فان قياس درجات الحرارة بواسطة الأقمار الصناعية يتم عن طريق قياس

الاشعاع الحرارى ، ويتم ذلك لأن الغلاف الجوى يمكن أن تتنفذ خلاله الأشعة الضوئية ، إلا أنه يمتص الأشعة الأخرى بداية من الأشعة فوق البنفسجية إلى أشعة جاما بدرجات متفاوتة ، ويساعد امتصاص الأشعة تحت الحمراء بواسطة مكونات الغلاف الجوى المختلفة على قياس التدرج الحرارى فى طبقات الجو .

إن الأشعة تحت الحمراء التى تخرج من أعلى الغلاف الجوى ، والتى يتم قياسها بواسطة الأقمار الصناعية هى أشعة خرجت بعد أن تم امتصاص بعضها ، وهى لذلك تحتوى على معلومات عن مقدار الامتصاص الذى تم بكل الطبقات واحدة بعد الأخرى والذى يعتمد على درجة الحرارة فقط ، وبذلك فقياس درجات الاشعاع الحرارى على ارتفاعات مختلفة يمكن من حساب درجات الحرارة عند هذه الارتفاعات ، ودمج نتائج التدرج الحرارى مع قياسات الضغط عند ارتفاعات مختلفة يمكن حساب كثافة طبقات الغلاف الجوى فى منطقة معينة من الكرة الأرضية .

ويتم ادخال المعلومات الخاصة بكثافة طبقات الغلاف الجوى مع معلومات حركة الرياح وغيرها من المعلومات فى النماذج الرياضية الحاسوبية الكبيرة ، التى سبق الحديث عنها والتى تستطيع — بناء على هذه المعلومات — اعطاء معلومات وتنبؤات أكثر دقة عن حالة الجو على المدى الطويل.



لقد تحسنت الأرصاد الجوية بإستخدام الأقمار الصناعية كثيراً ، وإذا كانت الصورة التى رسمناها فى الفقرات السابقة تبدو مجردة ورياضية بعض الشيء ، فإن هناك صورة أخرى تجسد أهمية الأقمار الصناعية بشكل ملموس ، وهذه هى صورة العواصف الرملية فى شمال افريقيا وفى صحراء العرب مثل أعاصير المحيطين الأطلنطى والباسفيكى على سواحل الولايات المتحدة واليابان ، وفى بحر الشمال تأخذ كلها صورة مرئية وتتحرك حركة ملحوظة يمكن رصدها من الأقمار ، بل يمكن تحديد عين الاعصار ورؤية اتجاه دورانه من الصور الملتقطة من هذه الأقمار .

### — أنواع أقمار الأرصاد الجوية :

أدركت دول كثيرة الفائدة المباشرة التى تعود عليها من أقمار الأرصاد الجوية فأطلقت عدة دول — ومنها دول نامية — أقمارها الخاصة بالأرصاد، ومن هذه الدول اليابان وأوربا والهند ، وهذه الأقمار أقمار ساكنة ويغطى كل منها منطقة معينة من سطح الأرض ، ولذلك تستفيد منها مباشرة دول معينة أو مجموعة من الدول تكون هى عادة التى ستتولى اطلاق القمر الصناعى وتحمل نفقاته وتغطى هذه الأقمار فى مجملها الكرة الأرضية كلها، وتنقسم إلى مجموعتين متكاملتين :

المجموعة الأولى : فى مدار ثابت جغرافياً عند خط الاستواء وتتكون من أربعة أقمار وهى موزعة على النحو التالى :

١- سلسلة جوييز Goes الشرقية والغربية : وهما قمران أطلقتها الولايات المتحدة على المدار الثابت جغرافياً Goestationary Orbit ويغطيان أمريكا الشمالية والجنوبية والمحيط الهادى الغربى، وقد أطلق من مجموعة جوييز Goes سبعة أقمار فى الفترة من ١٩٧٥ إلى ١٩٨٧ .

٢- ميتوسات Meteosat : أقمار أوربية فى المدار نفسه بدأ اطلاقها عام ١٩٧٧ وتغطى أوروبا وأفريقيا والشرق الأوسط ، وقد أطلق من مجموعة ميتوسات خمسة أقمار فى الفترة من ١٩٧٧ إلى ١٩٨١ وتتعدد الإطلاقات فى حالة تعطل بعض وظائف القمر أو لاستبداله بعد انتهاء عمره الفتراضى.

٣- انسات Insat : قمر هندى فى مدار ثابت حول خط الاستواء ، ويغطى شبه القارة الهندية والمحيط الهندى وجزءاً من آسيا ، وقد أطلق من هذه المجموعة من الأقمار انسات ١أ ، ١ب ، ١ج من ١٩٨٢ إلى ١٩٨٨ ثم انسات ٢- فى ١٩٩٠.

٤- سلسلة أقمار ج.م.س GMS اليابانية أطلق منها Gms1 , Gms2 , Gms3، فى الفترة من ١٩٧٧ إلى ١٩٨٤ وتغطى استراليا وغربى المحيط الهادى .

المجموعة الثانية : فى مدار قطبى عمودى على المدار الاستوائى الثابت وتتكون من الأقمار الآتية :

١- تيروس Tiros : وهي أقمار أمريكية على ارتفاع ٨٠٠ كيلو متر، وقد أطلق منه سبعة أقمار .

٢- NOAA قمران أمريكيان على الارتفاع نفسه تقريباً ويعطيان بيانات جوية لكل الكرة الأرضية كل ست ساعات .

٣- ميتور METEOR روسي على ارتفاع ٨٠٠ كيلو متر تقريباً في مدار قطبي ، وقد أطلق من METEOR I ثلاثون قمراً في الفترة من ١٩٦٩ إلى ١٩٧٨ وتلاه برنامج METEOR II , METEOR III .



الفصل الرابع

# خريطة الطقس

# Weather Maps

## الفصل الرابع

### خرائط الطقس

### Weather Maps

#### خريطة الطقس Weather Map

الطقس هو حالة الجو في فترة زمنية قصيرة قد تكون ساعة معينة أو يوم أوبضعة أيام ، وعليه فإن خريطة الطقس هي الخريطة التي توضح حالة الجو أثناء هذه الفترة القصيرة ، وغالباً ما تكون خريطة الطقس تمثل حالة الجو في يوم واحد ، وإن كانت معظم محطات الأرصاد الجوية في السنوات الأخيرة تقوم باعداد ورسم أكثر من خريطة للطقس في اليوم الواحد ، وذلك نتيجة أن الطقس قد يتغير من ساعة لأخرى ومن يوم لآخر مثل الطقس في إنجلترا، ولا تقتصر خرائط الطقس على اظهار حالة الجو على سطح الأرض ، بل أصبحت ترسم خرائط للطقس في طبقات الجو العليا على ارتفاعات مختلفة من سطح الأرض ، فمثلا توجد خرائط لارتفاعات ١,٥ ، ٣ ، ٦ كيلو متر، وفي بعض الدول قد ترسم خرائط أعلى من هذه المستويات .

وتنقسم عناصر الطقس إلى عدة أنواع منها درجة الحرارة وكمية الأمطار التي تمثل أحد عناصر التساقط ، هذا إلى جانب عناصر التساقط Percipitation الأخرى والتي تتمثل في الثلج والبرد والضباب والندى والصقيع ، وكذلك بعض عناصر الطقس الأخرى مثل نسبة

الرطوبة والضغط الجوى والرياح والسحاب ومقدار الاشعاع الشمسى  
الواصل إلى سطح الأرض .

وفيما يلى نستعرض بعض عناصر الطقس اليامة :

### — الرطوبة : Humidity :

وتعنى الرطوبة كمية ما يحتويه الهواء من بخار الماء ، ويتم قياس  
هذه الكميات فى محطات الأرصاد — كما سبق أن ذكرنا — بعدة أجهزة  
منها الترمومتر المبلل والترمومتر الجاف وهو جهاز الهيجرومتر  
Hygrometer ، وقد فرقنا فيما سبق بين كل من الرطوبة المطلقة  
Absolute Humidity والتي تعنى كمية بخار الماء الموجود فعلاً فى  
حجم معين من الهواء ، والرطوبة النسبية Relative Humidity والتي  
تعنى نسبة كمية بخار الماء الموجود فى الهواء إلى ما يستطيع الهواء أن  
يحملة بالفعل عند التشبع فى نفس درجة الحرارة .

ويعرف الهواء عندما تصل رطوبته النسبية إلى ١٠٠ ٪ أنه قد  
وصلت درجة حرارته إلى نقطة الندى Point — Dew حيث يكون الهواء  
مشبعاً ببخار الماء ، وإذا ما حدث انخفاض فى درجة حرارة الهواء الذى  
وصل إلى نقطة الندى فإنه يحدث له التكاثف ، كما أنه من الملاحظ أن  
الهواء الدافئ يستطيع أن يحمل كمية أكبر من بخار الماء مما يستطيع أن  
يحملها الهواء البارد . وذلك لأن برودة الهواء تؤدي إلى حدوث التكاثف،  
وهذا ما يؤدي إلى ظهور بعض قطرات المياه على الأسطح الزجاجية عند



تخفيض درجات حرارة الهواء لأن هذه الأسطح أكثر برودة من الهواء ، كما يحدث نفس الشيء في الصباح الباكر على أوراق الشجر .

### ـ التغييم ( السحاب ) :

وتعني درجة التغييم في الطقس بأنه نسبة الجزء الذي تحجبه السحب من السماء ، والذي يقوم برصده المتروولوجيون في محطات الأرصاد ، يُسأل السحب تكاثف جزئي لبخار الماء وذلك على شكل ذرات مائية دقيقة لايسمح انتشارها وخفة وزنها على التماقظ ، وتتشأ السحب نتيجة لارتفاع لبواء المشبع بالماء إلى أعلى وانتشاره ومن ثم برودته تبعاً لنقص الضغط لعوى المصاحب لارتفاعه .

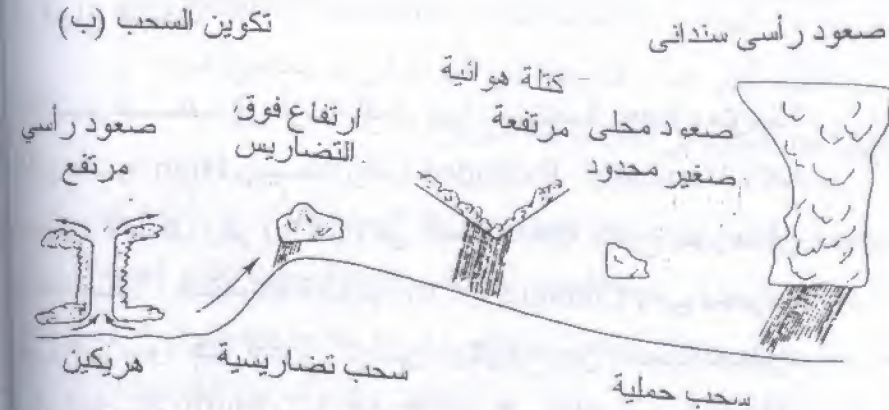
### ـ أنواع السحب :

وتنقسم السحب إلى أربعة أقسام هي : منخفضة Low ومتوسطة Middle وعالية High وممتدة رأسياً Vertically Extended ، كما نضج من الشكل رقم ( ٣٢ ) وهي أقسام متداخلة تتدرج بدورها في مجموعات مثل : المجموعة العمودية ( Cumulus ( Cu وهي مجموعة مركامية والتي يسود فيها التكوين لرأسى ، وتتراوح بين السحب الصغيرة البيضاء الخفيفة Fluffy مثل تلك السحب التي تظهر بعد ظهيرة أيام الصيف ( الشكل رقم ٣٣ أ ) إلى السحب السوداء الرعدية والتي تعرف بالسزن الركامى Cumulonimbus ( cb ) الشكل رقم ( ٣٣ ب ) التي

### أنواء السحب (أ)



### تكوين السحب (ب)



الشكل رقم (٣٢) : (أ) أنواع السحب الرئيسية وارتفاعها  
(ب) عمليات تكوين السحب الرئيسية

(۱)



(ب)



شکل (۳۳)

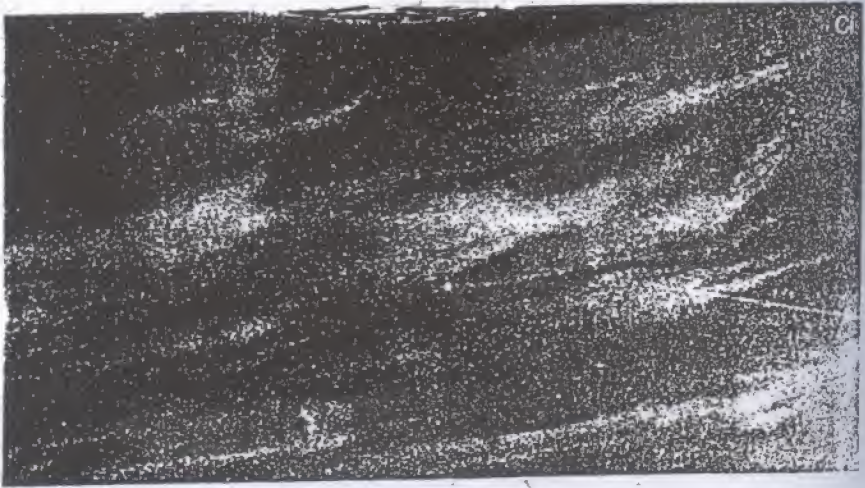


تنتج عنها الأمطار أو الثلوج، وعادة تشير إلى مجموعة السحب النامية  
التكوين مثل المزن الطبقي (Ns) Nimbostratus .

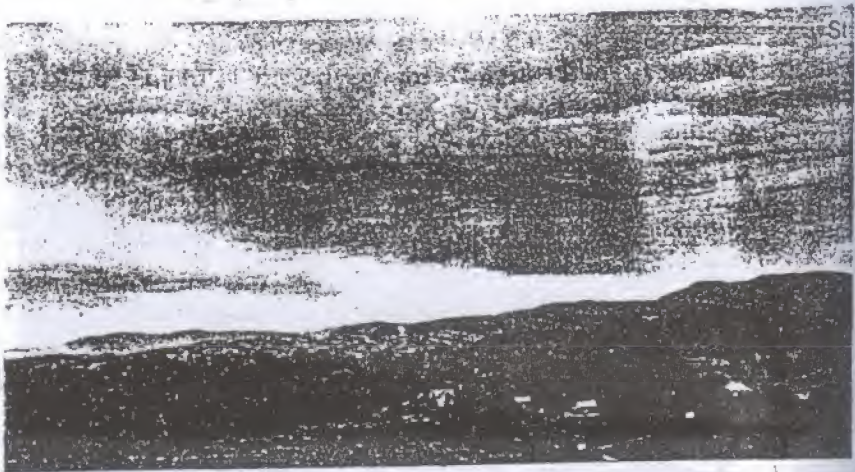
أما السحب الطباقية ( طبقي Stratus ) والتي يسود فيها الامتداد  
الأفقي فتتقسم إلى عدة أشكال يميزها ارتفاعها واختلاف درجة حرارتها  
وأما السحب المسماة بالسمحاق ( Ci ) Cirrus فهي سحب عالية قد  
يزيد ارتفاعها عن ٦ كيلو متر ، ومن أشهر أنواعها السحاق الطبقي  
Cirrostratus وكذلك السحاق الركامي Cirrocumulus والسحب من  
نوع السحاق وهي عموماً سحب خفيفة حريرية المظهر شفافة نوعاً  
وبيضاء اللون ولا يظهر لها ظل تكون من بلورات ثلجية  
( الشكل رقم ٣٤ أ ) .

أما أكثر السحب الطباقية انخفاضاً وهي التي تعرف باسم Stratus  
( St ) ( الطبقي ) والتي تتكون من قطرات مائية سائلة ، وتظهر في شكل  
غيم قائم ، وكثيراً ما يصاحبها سقوط رذاذ مطري خفيف ( الشكل ٣٤ ب )  
أما نوع السحب الطباقية الرأسية ( Sc ) Startocumulus فتظهر في شكل  
خلايا مميزة وتنقسم إلى نوعين هما : ( AS ) Altostratus وهي مماثلة  
للنوع الطبقي إلا أنها أقل كثافة منها ، تتكون من قطرات ماء تحت درجة  
الصفير المئوى ، وأقل قابلية للسقوط والنوع الثانى ( AC ) Altocumulus  
( الشكل رقم ٣٥ ) ، وهو نوع عمودى ذو تكوين رأسى كبير ، وقاعدة عالية  
لدرجة أن يتكون من قطرات ماء تحت درجة الصفير المئوى أيضاً .

(ج)



(د)



شکل (۳۴)

ارتفاعها عن ٦ كيلو متر ، ومن أشهر أنواعها السحاق الطبقي Cirrostratus وكذلك السحاق الركامى Cirrocumulus والسحب من نوع السحاق وهى عموماً سحب خفيفة حريرية المظهر شفافة نوعاً وببضاء اللون ولا يظهر لها ظل تتكون من بلورات ثلجية ( الشكل رقم ٣٤ أ ).

أما أكثر السحب الطباقية انخفاضاً وهى التى تعرف باسم Stratus ( St ) ( الطبقي ) والتى تتكون من قطرات مائية سائلة ، وتظهر فى شكل غيم قائم ، وكثيراً ما يصاحبها سقوط رذاذ مطرى خفيف ( الشكل ٣٤ ب ) أما نوع السحب الطباقية الرأسية ( Sc ) Startocumulus فتظهر فى شكل خلايا مميزة وتنقسم إلى نوعين هما : Altostratus ( AS ) وهى مماثلة للنوع الطبقي إلا أنها أقل كثافة منها ، تتكون من قطرات ماء تحت درجة الصفر المئوى ، وأقل قابلية للسقوط والنوع الثانى Altocumulus ( AC ) ( الشكل رقم ٣٥ ) ، وهو نوع عمودى ذو تكوين رأسى كبير ، وقاعدة عالية لدرجة أن يتكون من قطرات ماء تحت درجة الصفر المئوى أيضاً .

ولأن المناخ يختلف فى طبيعته عن الطقس ، فإن خرائط الطقس خرائط دقيقة ترتبط بعمليات الرصد المختلفة التى تقوم بها محطات الأرصاد الجوية فى أوقات معينة وساعات محددة ، ولذلك فإنها تستلزم السرعة فى رسمها ومن أجل ذلك ولرسم هذه الخريطة ، فإن محطات الأرصاد تقوم بترجمة بيانات الرصد التى يتم رصدها فى محطات الأرصاد المختلفة والتى يتم تبادلها باستخدام شفرة خاصة معترف بها دولياً من قبل (منظمة الأرصاد





شكل (٣٥)

الجوية العالمية)، ويتم تناقل هذه المعلومات باللاسلكى بجهات العالم المختلفة ، ولا يتم التبادل بأسماء محطات ولكن يتم ذلك عن طريق أرقام كودية ، فالعالم مقسم إلى مناطق كبرى لكل منها رقم كود Index - number فمثلاً منطقة شمال شرق إفريقيا وتضم ليبيا ومصر والسودان تحمل رقم كود ( ٦٢ ) ، وتحمل منطقة المغرب العربي وتضم دول تونس والجزائر والمغرب وموريتانيا رقم كود ( ٦٠ ) ، ومنطقة جنوب غرب آسيا وتضم شبه الجزيرة العربية وإمتدادها فى دول الهلال الخصيب وكل من إيران وأفغانستان وتأخذ رقم كود ( ٤٠ ) ، بينما المنطقة التى تضم جزيرة انجلترا وجزيرة أيرلندا فتحمل رقم كود ( ٠٣ ) وهكذا ...

ويلاحظ أن تقسيم هذه المناطق يكون على أساس وضع وحدات سياسية متجاورة فى رقم كود واحد ، على أن تمثل الحدود الخارجية لهذه الوحدة السياسية حدود هذا الرقم ، ولا تمثل الحدود بين هذه الدول حدود فاصلة مع أن هذه الدول تضم كل منها فى داخلها على العديد من المراسد الجوية بأنواعها المختلفة ، ويقصد بأنواع المراسد هنا درجة تقدم الأجهزة الموجودة بالمرصد الجوى ، وعدد مرات الرصد التى تتم فى هذا المرصد الجوى ، وتبعاً لذلك تنقسم المراسد إلى ثلاث درجات ويكون ذلك مبنياً على طول الفترة التى تفصل بين إرسالها لأرصادها وهى :

- ١- مراسد الدرجة الأولى : وهى التى تذيع بياناتها كل ثلاث ساعات .

$$1 \text{ بوصة} = 25.4 \text{ مللى با} \quad 1 \text{ بوصة} = 25.4 \text{ مللى با}$$

$$1 \text{ بوصة} = 25.4 \text{ مللى با} \quad 1 \text{ بوصة} = 25.4 \text{ مللى با}$$

٢- مرصد الدرجة الثانية : وهى التى تذيع بياناتها كل ست ساعات.

٣- مرصد الدرجة الثالثة : وهى التى تذيع بياناتها ١٢ ساعة.

### — الرموز والشفرات المستخدمة فى خرائط الطقس :

وتنقسم الرموز والشفرات فى خرائط الطقس إلى أربعة أقسام تبعاً لأهم العناصر المكونة للطقس وهذه الأقسام هى :

- ١- الرموز والشفرات المستخدمة فى الضغط الجوى .
- ٢- الرموز والشفرات المستخدمة فى اظهار أنواع السحب وأشكالها .
- ٣- الرموز والشفرات الموضحة للتساقط أو مظاهر التكاثف .
- ٤- الرموز والشفرات الخاصة بالعواصف والرياح .

### أولاً : الرموز والشفرات المستخدمة فى الضغط الجوى :

يقاس الضغط الجوى بواسطة البارومترات الزئبقية أو المعدنية أو باستخدام الباروجراف ويتم تسجيل الضغط بوحدات — كما سبق القول — وهى البوصة أو الملليمتر ، وإن كان الشائع بين المتروlogيين استخدام وحدة القياس المعروفة بالمليبار ، حيث يساوى ٠,٠١ بوصة ٣,٤ ملليبار أى أن البوصة تساوى ٣٤ ملليبار ، أى أن ١٠٠٠ ملليبار = ٢٩,٥٣ بوصة .

ولأن الضغط هو وزن عمود الهواء من سطح الأرض حتى نهاية الغلاف الغازى ، فإن الضغط ينخفض بالارتفاع إلى أعلى ، وبذلك ينخفض ارتفاع عمود الزئبق داخل البارومتر الزئبقى ، ومن خلال هذا الارتفاع يمكن تقدير ارتفاع الجبال ، وقد يختلف الضغط الجوى من ساعة



إلى أخرى في مكان واحد ، كما يختلف من مكان لآخر تبعاً لظروف أخرى ولا يحس الإنسان عادة بهذه التغيرات في الضغط إلا إذا قل الضغط بالشكل الذي يحافظ على اتزان الإنسان فيصيبه الدوار ، أو أن يحدث اختلاف في الضغط في المستوى الأفقي من منطقة لأخرى فيسبب الرياح التي يشعر بها الإنسان .

ويتم تمثيل الضغط على خرائط الطقس بخطوط الضغط المتساوية Isobars وهو العنصر الوحيد الذي يمثل بهذه الطريقة ، وربما يلجأ الراص لذلك لأنه العنصر الجوي الذي يعتبر حلقة الوصل الواضحة في الأحوال الجوية العامة ، فهو فضلاً عن ارتباطه بالحرارة ارتباطاً وثيقاً فهو يتحكم في باقي عناصر المناخ مثل اتجاهات وقوة الرياح وما يرتبط بها من عناصر التساقط حيث أنها هي التي تحرك السحب وما يصاحبها من أمطار أو ثلوج وغيرها ، أو أن تكون رياح جافة أو تحمل الأتربة .

وترسم خطوط الضغط المتساوي باللون الأسود يفصل بين كل منها فاصل رأسي واحد على حسب مقياس رسم الخريطة ، والفاصل الرأسي المستخدم في خرائط الطقس المصرية الخاصة بالضغط يبلغ واحد ملليبار ، ويكتب على كل خط من هذه الخطوط رقم معين هو عبارة عن مقدار الضغط الجوي بالملليبار ، وقد يكتب الرقم كاملاً في بعض الخرائط ، كما هو الحال في خرائط الطقس المصرية ، أو تكتب منه ثلاثة أرقام فقط ويعنى ذلك أن ما كتب هو عبارة عن أول رقمين صحيحين في الرقم الأصلي والكسر العشري.

مثال : الرقم ١٠٥ يعنى أن الضغط مقداره ١٠١٠,٥ ملليبار والرقم ١١٢ يعنى أن الضغط الأصلي ١٠١١,٢ ملليبار ، وأن الرقم ٩٩٨ يعنى أن الضغط الأصلي ٩٩٩,٨ ملليبار وهكذا ، كما يكتب الحرف ( H ) على خرائط الضغط الجوى فى وسط منطقة الضغط المرتفع وهو اختصار لكلمة High أى مرتفع ، كما يكتب الحرف ( L ) للدلالة على مناطق الضغط المنخفض وهو أيضا يعنى اختصار كلمة Low أى منخفض .

٩٩٩٨

١٠١١,٢

١٠٥

١٠١١,٢

## الكتل الهوائية والجبهات

### Air Masses and Fronts

#### أولاً: الكتل الهوائية :

تتحكم الكتل الهوائية في حالة الطقس ، والكتلة الهوائية عبارة جزء كبير من الهواء المتجانس من ناحية حرارته ورطوبته ( بخار الماء ) ويتكون إذا ظل الهواء لفترة طويلة فوق سطح متجانس يتميز بالمساواة ، وذلك حتى يكتسب الهواء صفات هذا السطح أو الاقليم ، وتسمى هذه الأقاليم التي تنشأ بها الكتل الهوائية بأقاليم المصادر Source Regions ومعظم مناطق تكون الكتل الهوائية توجد في مناطق الضغط المرتفع حيث أن الهواء راكد وحركته الرأسية ضعيفة ، ومن أمثلة ذلك سيبيريا وشمكندا في فصل الشتاء ، والصحراء الكبرى في فصل الصيف .

وعموماً لا تظل الكتل الهوائية في أماكنها طوال الوقت ، وإنما تتحرك أو يتحرك جزء منها ، ومن ثم يصادفها بعض التعديلات في صفات المناخية من ناحية الحرارة والرطوبة خاصة في أجزائها السفلى نتيجة لمرورها على أسطح تختلف في صفاتها المناخية عن الأسطح والتي تنشأ بها الكتلة في مصادرها الأصلية ، وكذلك في صفات الكتلة الهوائية نفسها . غير أن الكتل الهوائية تظل محتفظة بالكثير من صفاتها الأساسية إذا اكتسبتها في أقاليم مصادرها الأصلية .



## ١٤٩ - تقسيم الكتل الهوائية :

ويمكن تقسيم الكتل الهوائية حسب العروض التى تنشأ فيها وحسب طبيعة السطح الذى تتكون فوقه يابساً كان أو ماءً ، وبالتالي توجد عدة طرق لتقسيم الكتل الهوائية ، وتستخدم الحروف الأبجدية كرموز لتمييز الكتل الهوائية ، فمثلاً إذا كانت الكتلة الهوائية قطبية فإنه يرمز لها بالحرف (A) أو أن تكون كتلة مدارية ويرمز لها بالحرف (T)، وعلى ذلك يكون التقسيم على أساس خطوط العرض، أما إذا كان التقسيم على أساس طبيعة المصدر كأن تكون كتلة هوائية قادمة من اليابس ويرمز لها بالحرف (C) أو كتلة قادمة من فوق مسطحات مائية ويرمز لها بالحرف (M) .

ويمكن التقسيم على أساس تميز الكتلة الهوائية بالثبات أو عدم الثبات، فالكتلة التى تتميز بالثبات يعنى ذلك أن انخفاض الحرارة فيها بالارتفاع فى أجزائها المختلفة أقل من المعدل العادى ، وكان احتمال سقوط أمطار منها احتمالاً ضعيفاً ويرمز لهذه الكتلة بالحرف (S) أما إذا كانت الكتلة غير ثابتة فإنه يرمز لها بالحرف (U) . أما إذا كانت الكتلة الهوائية أبرد من السطح الذى تمر فوقه فإنه يرمز لها بالحرف (K) ، أما إذا كانت أدفأ من هذا السطح فيرمز لها بالحرف (W) ومن خلال هذه الحروف يمكن التعرف على صفات الكتلة الهوائية :

مثال : إذا رمز لكتلة هوائية بالحروف (Pcsk) فإنها كتلة ذات أصل قطبي قارى أى أنها قادمة من العروض العليا من داخل القارات

وتتميز بالثبات ، ولا يحتمل أن يصاحبها سقوط أمطار ، كما تتميز بانخفاض درجة حرارتها عن الأسطح التي تمر فوقها، حيث أنها قادمة من اتجاه القطب في إتجاه خط الإستواء.

مثال آخر :كتلة هوائية يرمز لها بالحروف (Tmuw) فمعنى ذلك أنها ذات أصل مدارى بحرى أى أنها قادمة من العروض المدارية ، وتتكون فوق مسطحات مائية ، كما أنها غير ثابتة ويحتمل أن تصاحبها أمطار ، كما تتميز بأن درجة حرارتها أدفأ من الأسطح التي تمر فوقها، حيث أنها قادمة من إتجاه خط الإستواء فى إتجاه القطب. ويمكن تقسيم هذه الكتل إلى الانواع التالية :

### ١- الكتل الهوائية فوق الجليد الدائم :

وهى كتل تتكون فوق مناطق الجليد الدائم كالمناطق المتجمدة حول القطبين والمناطق المجاورة لها والتي يكسوها الجليد بصفة دائمة مثل جرينلاند والجزر والمسطحات المائية المجاورة لها في نصف الكرة الشمالى ، وقارة أنتاركتيكا في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية ، وتتميز هذه الكتل بشدة برودتها وندرة بخار الماء فيها وعادة ما يكون تحركها نحو الغرب أى من الشرق إلى الغرب ويرمز لها بالحرف (A).

### ٢- الكتل الهوائية القطبية القارية : Continental Polar

ويرمز لهذه الكتلة بالحروف (CP) وتتكون في العروض العليا فى المناطق القطبية أثناء الفصل البارد من السنة، وحينما توجد مناطق

الضغط المرتفع. ومن أهم المناطق التى تنشأ فيها سهول كندا وسيبيريا، وتمتاز ببرودة هوائها وجفافه النسبى، وتعتبر هذه الكتل أهم مصادر الهواء البارد في نصف الكرة الشمالى في فصل الشتاء، والتى تأتى من سهول سيبيريا وشمال شرق أوروبا، فتهب على مناطق مناخ البحر المتوسط والشرق الأوسط في فصل الشتاء، وقد تمتد هذه الكتل الهوائية الباردة حتى المناطق الاستوائية، ولا توجد هذه الكتل في نصف الكرة الجنوبى لعدم وجود يابس حول الدائرة القطبية الجنوبية، أى أنها كتل ترتبط بنصف الكرة الشمالية.

### ٣- كتل هوائية قطبية بحرية : Marine Polar

ويرمز لهذه الكتل بالحروف (MP) وتظهر فوق شمال المحيط الأطلنطى، وهى في الأصل كتل قطبية قارية تكونت فوق سهول كندا ثم انتقلت نحو شمال المحيط الأطلنطى، ويتميز هوائها بأنه أقل برودة وأكثر رطوبة من هواء الكتل القطبية القارية ، وتكثر هذه الكتل في نصف الكرة الجنوبى عنها في نصف الكرة الشمالى ، وذلك لاتساع مساحة المسطحات المائية بالنصف الجنوبى، أى سيادة الماء وإختفاء اليباس تقريباً.

### ٤- كتل هوائية مدارية :

وتتكون في مناطق الضغط المرتفع المدارى المسماه باسم "عروض الخيل" فوق اليباس والماء وبالتالي تنقسم إلى :



## أ- الكتل الهوائية المدارية القارية : Continental Tropical

ويرمز لهذه الكتل بالحروف (CT) ، وتتكون في فصل الشتاء فوق صحارى شمال أفريقيا وشبه الجزيرة العربية .

## ب- الكتل الهوائية المدارية البحرية : Marine Tropical

ويرمز لهذه الكتل بالحروف (MT) ، وتتكون فوق المحيطات في مناطق الضغط المرتفع المدارى، كما تتكون فوق مياه البحر المتوسط في الصيف عندما يكون فوقه ضغط مرتفع يتصل بالضغط المرتفع الآزورى، وتحيطه مناطق ضغط منخفض تمتد فوق جنوب أوروبا وشمال أفريقيا.

ويتميز هواء الكتل الهوائية المدارية باعتداله أو دفئه وتزداد فيه نسبة الرطوبة خاصة في الكتل الهوائية المدارية البحرية بالمقارنة بالكتل الهوائية المدارية القارية .

## ج- الكتل الهوائية الاستوائية القارية :

ويرمز لها بالحروف (CTH) وهى شبيهه بالكتل الهوائية المدارية القارية السابقة ولكنها تختلف عنها بأن الهواء مرتفع الحرارة، وذلك لأن الهواء المدارى يعتبر أهم مصادرها عندما يتحرك ويعبر خط الاستواء الحرارى .

## ٦- الكتل الهوائية الاستوائية البحرية :

ويرمز لها بالحروف (MTH) هي تماثل أيضاً الكتل المدارية البحرية السابقة ، ولكنها تختلف عنها في أن الهواء درجة حرارته مرتفعه ويحمل كميات كبيرة من بخار الماء عند مرورها فوق المسطحات المائية. وهذه الكتل الهوائية الاستوائية البحرية هي التي تغزو الهند ووسط افريقيا والسودان و الهضبة الحبشية في فصل الصيف أى أنها أساس الرياح الموسمية التى تهب من المسطحات المائية على ما يجاورها من يابس وبالتالي تسقط كميات غزيرة من المطر والمعروف باسم "المطر الموسمي".

## ثانياً : الجبهات الهوائية : Air Fronts

عندما تتقابل كتلتان هوائيتان مختلفتان في حرارتهما ورطوبتهما ، فإنهما لا تتدمجان مع بعضهما بسهولة ، وإنما يتكون حد فاصل بينهما ، وذلك عندما يبدأ الهواء الأكثر دفئاً في الصعود فوق الهواء الأبرد ، وتسمى منطقة التقابل هذه بسطوح عدم الاستقرار Surfaces of Discontinuity أو بالجبهات Fronts ، ولا تظهر الجبهات في شكل خطوط وإنما هي مناطق واسعة يتراوح عرض الواحدة منها عادة ما بين ٢٠٠ إلى ٣٠٠ كيلو متر .

وتؤثر الجبهات تأثيراً كبيراً في الصفات المناخية للمنطقة التي تتأثر بها، ولا تظل الجبهات في أماكنها وإنما تتحرك تبعاً لحركة الشمس

الظاهرية، وعلى طول الجبهات تتكون اضطرابات جوية وتتولد الأعاصير، وفيها يكون هواء الكتلة الدفينة جزءاً والجزء الثاني عبارة عن الكتلة الباردة ، فإذا كان الهواء الدافئ أقوى فإنه يتحرك بسرعة ويصعد إلى أعلى وتسمى هذه بالجبهة الدفينة Warm Front ، أما لو كان العكس وكان الهواء البارد هو الأقوى ويدفع الهواء الدافئ إلى أعلى ويحل محله تسمى هذه بالجبهة الباردة Cold Front.

ويمكن تقسيم هذه الجبهات الهوائية من حيث مصادر نشأتها إلى ثلاثة أنواع رئيسية وهي :

### ١- الجبهة المدارية : Tropical Front :

وتتكون في العروض والمناطق المحيطة بخط الإستواء . وتتشأ هذه الجبهات نتيجة تقابل الكتل الهوائية المدارية إلى الشمال من خط الاستواء مع كتل أخرى جنوب هذا الخط ، ولا تختلف هذه الكتل عن بعضها اختلافاً كبيراً لا من حيث درجة حرارتها أو رطوبتها ، لذلك تقل بهذه المناطق الاضطرابات الجوية الناتجة عنها ، كما أنها اضطرابات ضعيفة وآثارها المناخية محدودة .

### ٢- الجبهة القطبية : Polar front :

أول من قام بدراستها العالم المتروورلوجي النرويجي بيركنز Bjerknes والذي درس الظواهر الجوية في العروض المعتدلة على



أساس ربطها بالكتل الهوائية والجبهات ، وتتكون هذه الجبهة من مجموعة من الجبهات ، منها ما يكون فوق اليابس ومنها ما ينشأ فوق المسطحات المائية ، ولأن الكتل الهوائية المكونة لهذه الجبهات والتي تلتقى في هذه العروض مختلفة من حيث درجات حرارتها ورطوبتها فبعض هذه الكتل قادم من العروض المدارية ، وبالتالي فإن حرارتها مرتفعة ورطوبتها عالية ، أما الكتل الهوائية الأخرى فقادمه من ناحية القطبين وهي أكثر برودة وأقل رطوبة ، وعند تقابل هذه الكتل المختلفة فإنها تحدث اضطرابات جوية عنيفة تغطي آثارها على الصفات المناخية للعروض التي تتعرض لها ويتكون عنها أعاصير وانخفاضات جوية تسقط أمطاراً غزيرة وتصبحها رياح شديدة.

### ٣- الجبهة المتجمدة : Arctic front

تتواجد بالقرب من الدائرتين القطبيتين في العروض العليا ، وهذه المناطق تلتقى بها الكتل الهوائية التي يأتي بعضها من اتجاه القطبين وبعضها قادم من العروض الوسطى عند خط عرض  $30^{\circ}$  —  $40^{\circ}$  والمعروفة باسم عروض الخيل، وتتميز هذه الجبهة بأنها أقل الجبهات الثلاث اضطراباً ونشاطها ضعيف بالمقارنة مع الجبهتين السابقتين.

ولا تثبت هذه الجبهات الثلاثة في أماكنها على مدار العام بل تتحرك نحو الشمال ونحو الجنوب وذلك تبعاً لما يعرف بحركة الشمس الظاهرية حيث تتجه نحو الشمال في يوليو ونحو الجنوب في يناير ، ومن

خلال مقارنة توزيع الكتل والجبهات في فصل الصيف وفي فصل الشتاء  
يمكن أن نلاحظ الحقائق التالية :

١ - تتكون الجبهة الهوائية شمال خط الاستواء في فصل  
الصيف شمالاً والعكس في فصل الصيف الجنوبي تتكون هذه  
الجهة جنوب خط الإستواء، وتتكون معظم هذه الجبهات فوق  
المسطحات المائية ، وتتميز الرياح على طول هذه الجبهات بأنها  
أقل في حرارتها من حرارة الجبهات التي تهب عليها.

٢- تتقابل عند الجبهات القطبية في شهر يوليو في  
نصف الكرة الشمالي كتل هوائية تتفاوت في درجة حرارتها  
ورطوبتها ، وهي عبارة عن كتل قطبية قارية على اليابس وكتل  
قطبية بحرية فوق المسطحات المائية ، وكتل مدارية بحرية قادمة  
من الجنوب .

٣- تتحرك الجبهات القطبية في نصف الكرة الشمالي  
نحو الجنوب في يناير بحيث يتأثر بها حوض البحر المتوسط  
وجزاء كبير من المحيط الأطلنطي في المسافة الممتدة من جزر  
آزور حتى خليج المكسيك، كما يتأثر بها جزء من المحيط الهادي  
يمتد من جزر الهند الشرقية وفي اتجاه الشرق ، ومن أجل ذلك  
تتعرض هذه المناطق لمرور الأعاصير التي تتجه من الغرب إلى

الشرق في فصل الشتاء على طول هذه الجبهات ، وتسبب هذه الأعاصير سقوط الأمطار الشتوية التي تتميز بها هذه العروض .

٤- تتميز الجبهة القطبية في نصف الكرة الجنوبية سواءً في فصل الصيف أو في الشتاء ، بأنها منطقة التقاء كتل هوائية بحرية ، وذلك نتيجة سيادة الماء في هذه العروض وقلة المساحات اليابسة والتي لا تصلح بسبب ضيق مساحاتها كمصادر لتكوين كتل هوائية قارية.

٥- يصل أثر الجبهة المتجمدة في نصف الكرة الشمالي في يناير إلى جزيرة سبتزبرجن وجزيرة نوفيلاز مليا فقط ، بينما تمتد في يوليو ناحية الجنوب حتى يصل أثرها إلى جزيرة جرينلاند وبعض أجزاء من أوراسيا وأمريكا الشمالية .

### **- الظواهر الجوية التي ترتبط بالكتل الهوائية والجبهات :**

بعد أن عرضنا لكل من الكتل الهوائية والجبهات ، يجب أن نتناول بعضاً من الظواهر الجوية التي تنشأ بسبب الكتل والجبهات الهوائية ، ومن أهم هذه الظواهر ما يعرف باسم الانخفاضات الجوية أو الأعاصير Cyclones ، وكذلك الارتفاعات الجوية أو ما يسمى باضداد الأعاصير Anti-cyclones .

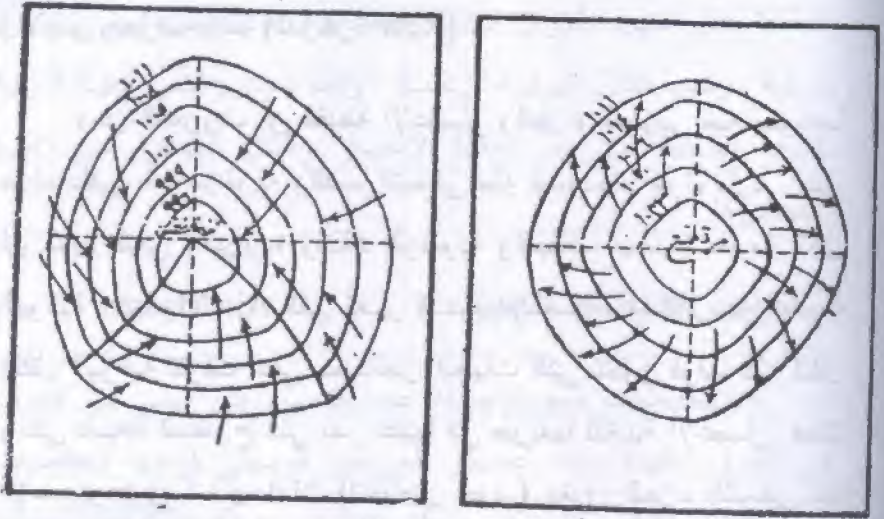


## أولاً : - الأعاصير ( الانخفاضات الجوية ) : Cyclones

تعتبر الانخفاضات الجوية أو الأعاصير من أهم الظواهر الجوية التي توضحها خرائط الطقس ، فإذا درسنا عدداً من خرائط الطقس نلاحظ أن خطوط الضغط المتساوي Isobars لا تظل بشكل واحد واتجاه واحد طوال الوقت ، ولكننا نجد هناك أشكالاً غير منتظمة مغلقة تغير أماكنها من يوم لآخر وقد يزداد انحناء خطوط الضغط المتساوي ويشتد تقوسها أو تقل وتتباعد وتصبح خطوطاً انسيابية قليلة التعرج ، وتظهر هذه الأشكال في خرائط الطقس الخاصة بمصر في فصلي الشتاء والربيع ، وتسمى هذه الدوائر المغلقة إذا كان الضغط بها منخفضاً انخفاضاً واضحاً بالإنخفاضات أو الأعاصير Depressions or Cyclones وإن كان الضغط بها مرتفع تسمى أضاد الإعاصير Anti - Cyclones وهذا ما يوضحه الشكل رقم ( ٣٦ ) .

وتبدو الإنخفاضات الجوية في خرائط الطقس على هيئة خطوط دائرية أو بيضاوية الشكل ويقل فيها الضغط من الأطراف نحو الداخل وتختلف الإنخفاضات في مساحتها تبعاً لظروفها والمنطقة التي تمر فوقها ، ولكن قطرها عادة ما يكون في المتوسط ١٠٠٠ كيلو متر ، وقد يتسع الإنخفاض الجوي فيصل إلى ٢٠٠٠ كيلو متر أو يقل إلى ١٠٠ كيلو متر فقط . أما عن سمك الهواء في الإعصار فصغير بالمقارنة لمساحته ، ويرجع ذلك إلى أنه من المعروف أنه على ارتفاع ٢٠ كيلو متر يصبح الضغط الجوي متجانس ، كما يزداد الضغط من مركز أو

عين الإعصار نحو أطرافه الخارجية ، ولكن هذه الزيادة غير متجانسة في جميع الاتجاهات .



إعصار في نصف الكرة الشمالي

ضد إعصار في نصف الكرة الشمالي

### الشكل رقم (٣٦)

كما أن تحرك الإعصار يؤدي إلى تغير الضغط في مركزه، إما نحو النقص أي أن الانخفاض يزداد عمقاً في هذه الحالة أو بالزيادة أي أن يبدأ مركزه بالامتلاء التدريجي ويعرف الخط الواصل بين مركز الانخفاض في أوضاعه المتتالية باسم (مسار الإعصار)، وهذا الخط غالباً منحنى ونادراً أن يكون خطاً مستقيماً، أما الخط العمودي على خط مسار الإعصار فيعرف باسم "خط وسط الإعصار" وهو الخط الذي يمر بأقل ضغط، ويزيد الضغط عن يمينه وكذلك عن يساره، ويقسم هذا الخط

الانخفاض الجوى إلى قسمين يعرف الأيمن منها باسم (المقدمة Front) والأيسر ويعرف باسم (المؤخرة Rear) .

ومن المعروف أن مقدمة الإعصار والجزء الجنوبي منه يسودهما هواء دافئ، أما مؤخرته والقسم الشمالى منه فيسودهما هواء بارد . غير أن مدى الدفئ والبرودة وكذلك الرطوبة والجفاف تحددها طبيعة الكتل الهوائية Air Masses التى تغذى قسمي الإعصار، وبالتالي فإن طبيعة الكتل الهوائية تتوقف على خصائص الجهات التى تتكون فوقها تلك الكتل وعلى طبيعة السطوح التى تمر عليها في طريقها لتغذية الإعصار. فمثلاً الإعصار فوق شمال الدلتا (انخفاض جوى) يغذى الجزء الشمالى منه هواء قطبي قارى قادم من فوق روسيا وشرق أوروبا ومن ثم يجلب لنا هواءً بارداً جداً خلال فصل الشتاء ، بينما إعصار آخر يغذيه هواء قادم من فوق البحر المتوسط أو غرب وجنوب أوروبا فإنه يجلب لنا هواء أقل في برودته من الهواء القادم من فوق روسيا وشرق أوروبا، ولكنه بارد أيضاً بالمقارنة بالهواء القادم من الجنوب.

وبالمثل إذا كان الهواء الذى يغذى الجزء الجنوبي من الانخفاض الجوى (الإعصار) فوق شمال الدلتا المصرية يأتى من فوق صحراء جافة حارة، فإنه يجلب لنا هواء مرتفع جداً في درجة حرارته إلى جانب ما يحمله من أتربة وغبار، وبذلك تعرف هذه الحالة في فصل الربيع بالموجات الخماسينية، بينما إذا كان الهواء القادم لتغذية الجزء الجنوبي من الانخفاض الجوى مصدره من فوق سطح المحيط الأطلنطى، فهو



هواء مدارى معتدل في درجة حرارته ويخلو من الغبار والأتربة. ومع ذلك لا يكفي لفهم الأحوال الجوية المصاحبة للانخفاض الجوى مجرد الدراية بتركيب الكتل الهوائية للإعصار، وإنما يستلزم الأمر أيضاً الدراية بطبيعة المنطقة التى يمر فوقها الإعصار والكتل الهوائية التى تغذيه ومصادرها .

### - خط سير الانخفاضات الجوية :

وللانخفاضات الجوية حركة عامة تتبعها وهى السير من الغرب إلى الشرق ونقصد بذلك أعاصير العروض الوسطى (ومنها انخفاضات البحر المتوسط) التى توجد فى مناطق نفود الرياح الغربية والعكسية، أما الانخفاضات الجوية التى توجد فى العروض المدارية، (الأعاصير المدارية) مثل عواصف الهريكين Hurricones وعواصف التيفون Typhoons والسيكلون Sycloons ، فهى تختلف عن أعاصير العروض الوسطى اختلافاً أساسياً وتتحرك دائماً من الشرق إلى الغرب مع حركة الرياح التجارية التى تسود تلك العروض.

ولكل نوع من الانخفاضات الجوية مسارات معهودة تتبعها أكثر من غيرها وإن كان لا يمكن التكهّن عند مولد الإعصار أو الانخفاض الجوى، وأى الطرق سيتبع وأى المسارات سوف يختار ، ولكنه بعد أن يبدأ الحركة يظهر الطريق الذى يسلكه وهو مسار معين ، ومن الأرجح

أنه سيظل في ذلك المسار حتى نهايته ، وقد درست هذه المسارات جيداً وأصبحت معروفة في الوقت الحاضر .

ونجد أن مسارات هذه الانخفاضات تتحرك أيضاً نحو الشمال والجنوب من فصل لآخر مع ما يعرف باسم حركة الشمس الظاهرية ، وقد توجد في فصل وتختفي في فصل آخر مثل أعاصير إقليم البحر المتوسط التي توجد في الشتاء وتختفي تماماً في الصيف ، حيث تسود هذا النطاقات الصحراوية الجافة ، فترتفع درجة الحرارة ولا تسقط أمطار .

### — سرعة الإعصار :

أما عن سرعة الإعصار فهي تتراوح بصفة عامة بين ٢٠ — ٤٠ كيلو متر في الساعة ، وتختلف هذه السرعة من وقت لآخر ومن مكان لآخر ، فمثلاً نجد أن سرعة الأعاصير ( الانخفاضات الجوية ) في فصل الشتاء أسرع منها في فصل الصيف — كما هو الحال بغرب أوروبا — وأن الأعاصير (الانخفاضات) المتعمقة تتحرك بسرعة أكبر من الانخفاضات الضحلة .

وتختلف سرعات الانخفاضات من مكان لآخر ، حيث يقدر متوسط سرعة تحرك الانخفاض في جهات العالم المختلفة على مدار السنة بحوالى ٤٠ كيلو متر في الساعة في أمريكا ، ٣٥ كيلو متر في الساعة في اليابان ، ٣٠ كيلو متر في الساعة في روسيا ، ٢٥ كيلو متر فوق شمال

المحيط الأطلنطي وفوق غرب أوروبا، بينما تصل سرعة الانخفاضات الجوية فوق شمال مصر ٢٠ كيلو متر في الساعة في المتوسط .

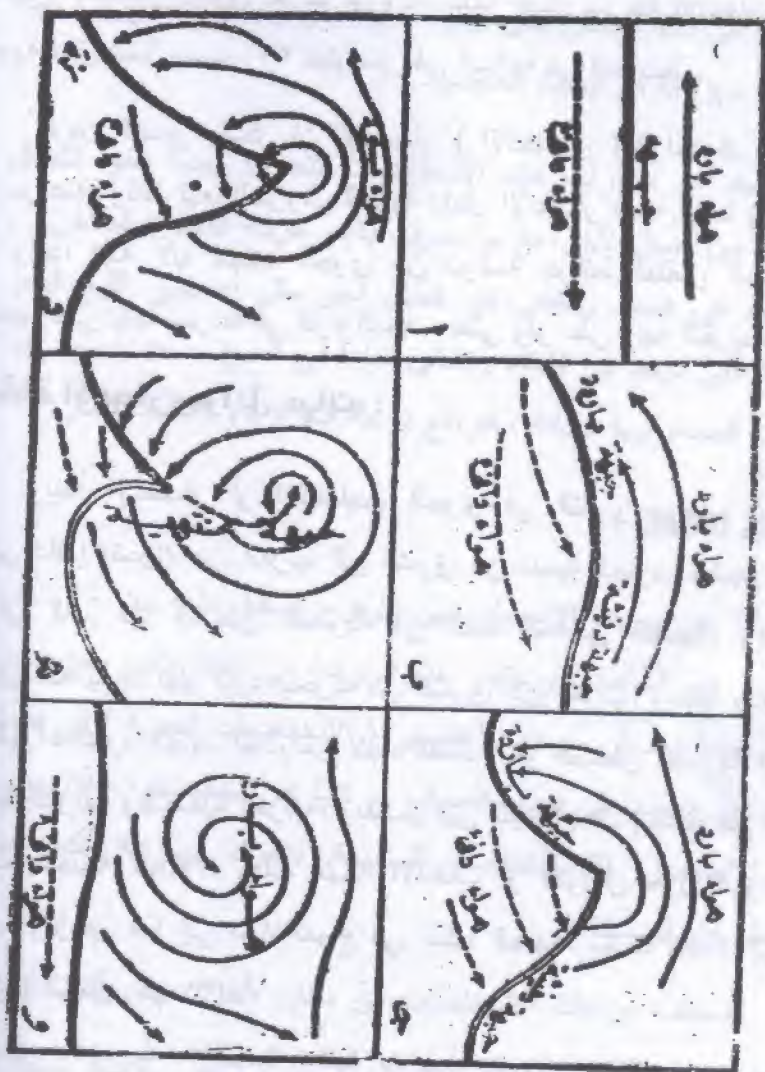
ومن الجدير بالذكر أن الإعصار ( الانخفاض ) الواحد قد يغير من سرعته، وذلك تبعاً للظروف الجوية داخل الإعصار نفسه أو ما يحيط به، ولهذا فإنه لابد للمتنبأ الجوي من دراسة خرائط الطقس السابقة وتتبعها حتى يتنبأ بسرعة في فترة قادمة ، حتى ولو على وجه التقريب .

### - نشأة الإعصار ومراحل حياته :

ويبدأ الإعصار أو الانخفاض الجوي في التكوين بوجود تيار هوائى دافئ يتحرك من الغرب إلى الشرق من ناحية الجنوب والجنوب الشرقى قادم من المناطق المدارية في اتجاه المناطق القطبية، وإلى الشمال منه يوجد تيار بارد يتحرك من الشرق إلى الغرب، وبذلك يسود هذا الهواء البارد الجاف القادم من اتجاه القطب نحو المناطق المدارية في الناحية الغربية والشمالية الغربية، ويفصل بين التيارين حد واضح هو ما يعرف بالجبهة Front، وذلك نتيجة الالتفاف أو الدوران حول الهواء البارد، ويؤدى هذا إلى نشأة تموج في شكل الجبهة، بحيث تنقسم إلى قسمين ( الشكل رقم ٣٧ ) :

القسم الشرقى حيث يوجد الهواء الدافئ الذى يتقدم نحو الشرق ليقابل الهواء البارد وتسمى منطقة التقابل هذه بالجبهة الدفينة Warm Front، والقسم الغربى حيث يحل الهواء البارد محل الهواء الدافئ،





الشكل رقم (٣٧) مراحل حياة الإعصار

وهذه هي الجبهة الباردة Cold Front ، وعندما تتضح الجبهتان الدفيئة والباردة وتصبح دورة الهواء كما أوضحنا من قبل ، يكون الانخفاض قد تكون تماماً ، ثم يأخذ الانخفاض بعد ذلك في التلاشي ، ويحدث ذلك عندما يقطع الهواء البارد الهواء الدافئ ، ويرفعه إلى أعلى وتلتقي الجبهتان الباردة والدفيئة ، ومن ثم يتم القضاء على الإعصار وينتهي ويتم امتلائه ويسمى ذلك Occlusion أو الجبهة المنتهية الشكل رقم (٣٨) ويوجد نوعان من الامتلاء هما :

#### ١ - امتلاء دافئ : Warm Occlusion

ويتم هذا الامتلاء الدافئ عندما يكون الهواء البارد في مقدمة الانخفاض أشد برودة من الهواء الموجود في مؤخرة الانخفاض ، وعند التقائهما يصعد هواء المؤخرة فوق هواء المقدمة كما يحدث عندما يصعد هواء الكتلة الدفيئة فوق هواء كتلة باردة .

#### ٢ - امتلاء بارد Cold Occlusion

ويتم هذا الامتلاء البارد عندما يكون الهواء في مؤخرة الانخفاض أشد برودة من الهواء في مقدمته، ومن ثم فإنه يندفع تحته عند التقائهما ولا يصعد فوقه .

#### - نتائج الانخفاضات الجوية :

تسبب الانخفاضات الجوية عادة تقلبات فجائية في الطقس فيشتد هبوب الرياح ، وتسقط الأمطار الغزيرة ، وقد تظهر عواصف رعدية وغير ذلك



الامتلاء البارد



الامتلاء الدافئ

الشكل رقم (٣٨) قطاع رأسي في الأعصار يبين

الامتلاء البارد والدافئ وهواء دافئ



من التقلبات الجوية التي يعرفها المشتغلون بالأرصاد الجوية. ولما كانت الانخفاضات تتحرك بصفة عامة من الغرب إلى الشرق فإن الظاهرات التي تحملها تنتقل معها غالباً في نفس الاتجاه ، ولذلك فإن القائمين بعمل التنبؤات الجوية يعتمدون في تنبأتهم بصفة خاصة على ما تزودهم به المراسد الواقعة إلى الغرب من المنطقة المراد التنبؤ عنها ومعرفة أحوالها الجوية وتتطوراتها .

ويمكن تحديد موقع الانخفاض الجوى ومدى تعمقه من خلال خرائط الطقس وكذلك يمكن منها التعرف على شدة تدرج الضغط الجوى نحو مركزه وخط سيره وسرعة تحركه على وجه التقريب ، ويمكن بناءً على ذلك تقدير التغيرات المنتظرة في حالة الجو لأسباب خارجة عن إرادة الراصد. فقد يحدث أن يغير الانخفاض الجوى خط سيره فينحرف نحو الشمال الشرقى أو نحو الجنوب الشرقى أو قد يمتلأ Occluded ويتلاشى قبل أن يصل إلى مكان الراصد ، وقد يحدث أحياناً أن يتجدد نشاط الانخفاض مرة أخرى بعد أن يكون قد امتلأ تقريباً ، وقد يغير الانخفاض سرعته من يوم لآخر ، كما أنه قد يتوقف ويتمركز فوق مكان واحد عدة أيام ، وفى مثل هذه الأحوال كثيراً ما تأتى التنبؤات الجوية مخالفة لما يحدث فعلاً.

أما إذا لم يطرأ على الانخفاض الجوى تغير منتظر — وهذا لحسن لفظ هو ما يحدث في بعض الأحيان — فإن التغيرات الجوية في الأماكن التي تقع على امتداد خط سيره المتوقع تتابع بترتيب معروف تقريباً ،

ولكنه يختلف نوعاً باختلاف موقع المكان إلى جنوب أو شمال خط سير الانخفاض الجوى ، فإذا فرضنا مثلاً أن انخفاضاً جويّاً يتقدم على طول الساحل الشمالى لمصر من ناحية الغرب ، فإن الظاهرات الجوية التى تحدث في القسم الشمالى من البلاد أثناء اضطرابه ومروره تتتابع على النحو التالى :

١- قبل أن يظهر في الجو أى أثر من الاضطرابات التى يحدثها الانخفاض الجوى ، يمكننا أن نستدل على اضطراب الانخفاض بعدة أشياء هى:

أ - أن الباروجراف Barograph أو غيره من أجهزة قياس الضغط الجوى تسجل انخفاضاً في الضغط الجوى، وذلك نتيجة ارتفاع درجة الحرارة ، حيث تهب رياح من الجنوب إلى الشمال حاملة معها هواء جافاً دافئاً إذا كان ذلك في فصل الشتاء ، وشديدة الجفاف والحرارة إذا كان ذلك في فصل الربيع ، ومصدر هذه الرياح الكتل الهوائية المدارية القارية التى تمتد فوق شمال أفريقيا وغرب آسيا بصفة عامة .

ب- تظهر في السماء سحب مرتفعة رقيقة جداً لونها أبيض ناصع البياض تشبه أحياناً زغب الريش أو ندف القطن ، لا تحجب أشعة الشمس ولا يظهر لها ظل على سطح الأرض نتيجة أنها شفافة ورقيقة جداً ، وهذه السحب هى التى يطلق عليها عادة اسم السحاق Cirrus وتتكون في جملتها من جزيئات صغيرة من الثلج.

ج- يعقب هذا النوع من السحب ظهور سحب أخرى من نفس النوع، ولكنها تمتد في شكل طبقة رقيقة شفافة لا تحجب أشعة الشمس أيضاً ، ولكن يتكون حول وسطها هالة دائرية سببها هو الانعكاس الناتج عن أشعة الشمس على جزيئات الثلج، ويعرف هذا النوع من السحب باسم السحاق الطبقي Cirrus - Stratus ، ويبدو مظهره كالضباب المرتفع الذي ليست له حدود معينة ، وكلما اقترب الانخفاض أخذ سمك هذه السحب في التزايد وأخذ مستواها في الهبوط نحو سطح الأرض ، ويطلق عليها في هذه الحالة اسم السحاق الطبقي متوسط الارتفاع Altostratus .

د- يتزايد سمك السحب تدريجياً حتى تحجب السماء نهائياً كما يستمر مستواها في الهبوط نحو سطح الأرض، ولا تلبث أن تظهر سحب أخرى تعرف باسم المزن الطبقي Nimbo - Stratues وهي سحب كثيفة، وهي عبارة عن نوع متوسط بين السحب الطبقيّة والسحب المزنية القائمة، ويبدو ظهور هذا النوع من السحب نذيراً بسقوط الأمطار، والتي تبدأ أولاً خفيفة ثم يشتد سقوطها بعد ذلك عند مرور الجبهة الدفيئة للانخفاض، وفي هذه الحالة تكون السحب قد انخفضت انخفاضاً شديداً بحيث لا يزيد ارتفاع قاعدتها أحياناً عن ٧ آلاف قدم من سطح الأرض.



## ٢- مرور قلب الإعصار :

ويعقب مرور الجبهة الدفيئة مرور القطاع الدافئ من الانخفاض وهو الذى يسمى بقلب الإعصار (المركز أو العين) ، وعندئذ يتحسن الجو نسبياً، وقد يصاحب ذلك أحياناً سقوط أمطار خفيفة على هيئة رذاذ ، وعند ذلك تتحول الرياح من الرياح الجنوبية الشرقية وهى التى تصاحب مقدمة الانخفاض ، إلى الرياح الجنوبية الغربية هوائها من نفس نوع الهواء القارى المدارى ، وتظل درجة الحرارة مرتفعة ، ويستمر الحال كذلك يوماً أو جزء من اليوم على حسب سرعة تحرك الانخفاض ومدى اتساع القطاع الدافئ منه.

## ٣- الجبهة الباردة :

بعد مرور قلب الإعصار تأتى الجبهة الباردة وعند مرورها يضطرب الجو اضطراباً شديداً وتشتد سرعة الرياح ، التى تغير اتجاهها بشكل فجائى فتتحول إلى رياح شمالية عموماً ، وهى لهذا السبب رياح باردة نسبياً إذا كانت تهب في فصل الربيع وشديدة البرودة إذا كانت تهب في فصل الشتاء.

وإذا كان الانخفاض شديد العمق واستمر فترة طويلة نسبياً فقد يؤدى هذا إلى وصول هواء قطبى شديد البرودة إلى شمال مصر، وذلك من الكتلة القطبية القارية التى تمتد في فصل الشتاء على معظم شرق أوروبا وسهول روسيا ، وفى هذه المرحلة يشتد هبوب الرياح وتسقط الأمطار بغزارة شديدة ويصاحبها غالباً حدوث البرق والرعد ، ويستمر

ذلك مدة تختلف في طولها من يوم واحد إلى عدة أيام بحسب سرعة تحرك الانخفاض .

#### ٤- أخيراً تحسن الجو :

وتأتى هذه المرحلة بعد إنتهاء الجبهة الباردة وفيها يأخذ الجو في التحسن ولكنه يظل بارداً، فتهدأ الرياح وتظهر في السماء سحب من النوع المعروف بالركامى Cumulus كما تسقط الأمطار على شكل رخات، وتتأقص تدريجياً حتى يبتعد الانخفاض نهائياً أو يمتلأ وينتهى أثره .

وينبغي أن نذكر مع ذلك أن الظاهرات التى تصاحب الانخفاض الجوى والسابق وصفها ، على الرغم من أنها تظهر وقت مرور معظم الانخفاضات الجوية ، إلا أنها قد تتغير أحياناً لأسباب طارئة ، مما يؤدي إلى حدوث أخطاء في التنبؤات الجوية كما سبق أن وصفناها ، كما أنها قد تختلف من مكان لآخر تبعاً للموقع بالنسبة لمركز الانخفاض الجوى .

ومن النتائج الأخرى الناتجة عن مرور الانخفاضات الجوية ما يصاحبها من رياح تعرف باسم الرياح المحلية والتى تهب على جهات محدودة من سطح الأرض عند مرور هذه الانخفاضات الجوية وتنقسم هذه الرياح إلى ثلاثة أقسام أو مجموعات رئيسية :

#### أولاً: الرياح الحارة :

وترتبط هذه الرياح بمقدمة الانخفاضات الجوية وتنقسم هي الأخرى إلى عدة أنواع حسب المكان الذى تهب عليه منها:

١- الخماسين : وهى رياح تهب على الأراضى المصرية في فترات منقطعة أثناء فصل الربيع ، لا تستمر موجاتها أكثر من يومين أو ثلاثة أيام فى كل مرة تهب فيها ، وهى رياح رملية شديدة الحرارة نتيجة أنها قادمة من الجنوب أو الجنوب الشرقى من جهات صحراوية حارة، وتحمل هذه الرياح معها الرمال الناعمة في شكل عاصفة ترابية قد تحجب الرؤية تماماً ، ويؤدى مرور الانخفاضات الجوية من الغرب إلى الشرق إلى جذب هذه الرياح من الجنوب، فإذا كان الانخفاض يمر على طول ساحل البحر المتوسط فإنه يكون ضمن المراحل المبكرة من الخماسين والتي تأتى في شهر فبراير ، أما إذا كانت تأتى على طول الصحراء الليبية فهى النوع الغالب من الخماسين أو الخماسين الحقيقية .

ومن ثم يرى البعض أن رياح الخماسين تنقسم إلى قسمين رياح خماسين قصيرة المدى وتدوم لمدة يوم أو يومين ، ورياح خماسين حقيقية والتي تأتى في شهرى إبريل ومايو ، والتي تسبب ارتفاعاً شديداً في الحرارة لمدة قد تصل إلى ثلاثة أيام ، وهذا النوع الأخير من رياح الخماسين قد يسبب أحياناً الحرائق كما تساعد على انتشار الحشرات والآفات الضارة للمحاصيل الزراعية ، هذا إلى جانب ما تسببه من أمراض للإنسان منها أمراض الأنف والحجرة ورمد العيون ، بسبب وجود الأتربة والحرارة المرتفعة ، ولكنها تفيد أيضاً في القضاء على دودة القطن التي لا يلائمها الجو الحار شديد الحرارة الذى تسببه رياح الخماسين .



## ٢- السيروكو والسولانو : Sirocco وما السيروكو إلا رياح

الخماسين السابقة حتى أن رياح الخماسين تعرف دولياً باسم السيروكو وهي رياح شديدة العنف تهب من شمال إفريقيا نحو صقلية وجنوب إيطاليا واليونان ، ويساعد على شدتها التغير السريع في الضغط الجوي من الجنوب إلى الشمال ، وبالتالي ترفع درجة الحرارة في المناطق التي تهب عليها وبالأخص في فصل الربيع ، وتتميز هذه الرياح عن رياح الخماسين في أنها رياح ترتفع بها نسبة الرطوبة ، وذلك نتيجة ما تحمله من بخار ماء عند مرورها فوق البحر المتوسط ، وعليه فإن سكان هذه المناطق عندما تداهم هذه الرياح يشعرون بالضيق نتيجة ارتفاع درجة الحرارة مع ارتفاع الرطوبة، كما أن لها آثار ضارة على أشجار الفاكهة المنتشرة في البلاد التي تهب عليها.

وتهب رياح السولانو على جنوب أسبانيا وبالأخص على الأجزاء الجنوبية مثل منطقة جبل طارق ، وهي رياح تشبه السيروكو في أنها مرتفعة في درجة حرارتها وما تحمله من أتربة ، كما تهب على نفس المناطق في فصل الصيف رياح الفانتر Levanter وهي رياح حارة تهب من الشرق ترتفع بها نسبة الرطوبة، وتسبب زوابع ، كما تسبب خطراً على الطائرات والملاحة .

## ٣- رياح الهرمطان : Harmattan : وهي رياح حارة محملة

بالرمال ، وتهب من الصحراء الكبرى في فصل الشتاء والربيع في اتجاه ساحل غانة وسواحل إفريقية الغربية ، ويرجع هبوبها إلى التباين بين

الضغط المرتفع فوق الصحراء الكبرى في الشتاء والضغط المنخفض الاستوائي ، وهذه الرياح تحمل سحباً من الرمال والأتربة إلى المناطق التي تهب عليها ، ولذلك فهي رياح ضارة حيث تؤثر على زراعات القطن في شمال نيجيريا ، مما حدى بالسكان إلى زراعة أشجار نخيل الزيت لصد هذه الرياح .

٤- رياح الهبوب : وهي تشابه رياح الهرمطان في أن مصدرها هو الصحراء الكبرى الإفريقية ، ولكنها تهب على أواسط وشمال السودان في فصل الصيف ، وهي ناتجة عن ارتفاع حرارة اليابس في هذه المناطق ارتفاعاً كبيراً خلال هذا الفصل ، مما يؤدي إلى تكون مناطق للضغط المنخفض المحلي ، يكون فيها الضغط شديد الانخفاض ، بحيث يؤدي هذا إلى حدوث تيارات هوائية صاعدة محملة بالأتربة ، وفي نفس الوقت تعمل الرياح الجنوبية على تجميع الأتربة في تلك المناطق المتطرقة ودفعها على هيئة سحب هائلة من التراب .

٥- رياح البركفيلدرز : **Brickfielders** وهي رياح حارة تهب من صحراء وسط استراليا في فصلي الربيع والصيف على جنوب شرق استراليا وتهب هذه الرياح في مقدمة الانخفاضات الجوية التي تعبر قارة استراليا من الغرب إلى الشرق ، وهي رياح محملة بكميات كبيرة من الأتربة ودرجة حرارتها شديدة ، وتختفى هذه الرياح لتحل محلها رياح باردة في مؤخرة الانخفاضات الجوية وتسمى هذه الرياح رياح بورسترز الجنوبية **Southerly Bursters** .

هذا إلى جانب أنواع أخرى من الرياح الحارة مثل رياح زوندا Zonda التى تهب على إقليم بتاجونيا في جنوب الأرجنتين ، ورياح ليبشو Libeccio التى تهب على إيطاليا في جميع الفصول وهى رياح جنوبية غربية ، ورياح السموم التى تهب على بلاد غرب الهلال الخصيب .

### ثانياً : الرياح الدفيئة :

وتوجد في مناطق جبلية ، وبالتالي تكتسب معظم حرارتها نتيجة انضغاطها على سفوح الجبال عند هبوطها إلى أسفل ، ومن ثم ترتفع درجة حرارتها مع أنها كانت باردة ومن هذه الرياح :

#### ١ - رياح الفهن : Fohn

وهى رياح دفيئة جافة تهب على السفوح الشمالية لجبال الألب في أوروبا في كل من سويسرا وألمانيا ، وتهب عندما يوجد ارتفاع جوى في منطقة سهل لمباردى في شمال إيطاليا، وفى نفس الوقت يمر انخفاض جوى فوق وسط أوروبا من الغرب إلى الشرق — يعتبر امتداداً لأعاصير غرب أوروبا — ويؤدى ذلك إلى اندفاع الهواء من الضغط المرتفع نحو الضغط المنخفض ، ولكى ينتقل الهواء من حوض سهل لمباردى إلى وسط أوروبا فلا بد أن يمر فوق جبال الألب الوسطى ، وعند ارتفاع هذه الرياح في صعودها على السفوح الجنوبية تنخفض درجة حرارتها ، ويحدث بها التكاثف وسقوط الأمطار على هذه السفوح.



وعند هبوط هذه الرياح على السفوح الشمالية في اتجاه وسط أوروبا فإن درجة حرارتها ترتفع ، نتيجة استنفاد ما بها من بخار الماء على السفوح الجنوبية فإنها تصبح رياح جافة ، ولكن ارتفاع حرارتها ليس ضار مثل رياح السيروكو، ويرحب بها سكان وسط أوروبا لأنها ترفع درجة الحرارة في المتوسط ١٢ ° مئوية ، فتعمل على إذابة الثلوج على السفوح الشمالية ، وبالتالي تساعد على نضج المحاصيل في جنوب ألمانيا والنمسا مثل التفاح والكمثرى ، إلا أن لها بعض المضار حيث يساعد جفافها على جفاف أشجار الغابات وحدوث حرائق الغابات .

## ٢- رياح الشنوك : Chinook

وتماثل رياح الفهن في خصائصها ونشأتها ، وهي رياح دفيئة تهب من الجنوب الغربي بصفة عامة ، وتهب نتيجة الانخفاضات الجوية التي تتحرك فوق شمال شرق أمريكا الشمالية في فصلي الشتاء والربيع ، وتأتي هذه الرياح من المحيط الهادى نحو غرب الولايات المتحدة الأمريكية ، وبالتالي تعبر جبال الروكى وهى رياح رطبة فترتفع إلى أعلى فوق السفوح الغربية لمرتفعات الروكى ثم تنحدر هذه الرياح بشدة على السفوح الشرقية فترتفع درجة حرارتها، فتعمل على ذوبان الثلوج ، وما كلمة الشنوك إلا "أكلة الثلوج" في لغة الهنود الحمر الأمريكيين أو سكان هذه المناطق الأصليين ، ونتيجة ارتفاع درجة حرارتها أيضاً تعمل على نضج بعض الغلات في برارى كندا والولايات المتحدة .

### ٣- رياح سانتا أنا : Santa Anna

وتهب على جنوب كاليفورنيا بالولايات المتحدة الأمريكية في فصلي الشتاء والربيع ، وتتكون عندما يكون هناك انخفاض جوى على السواحل الغربية ، فتتدفق الرياح من الشرق نحو الغرب من سلاسل جبال سيرا نيفادا عند مرور هذه الانخفاضات الجوية ، وقد تحمل معها كثير من الأتربة والرمال، وهى بهذا تجمع بين خصائص رياح الخماسين والفهن ، وذلك لأنها فضلاً عن كونها رياح حارة بطبيعتها لهبوبها من إقليم صحراوي حار ، كما هى الحال في الخماسين ، فإنها تكتسب مقادير أخرى من الحرارة عند هبوطها بشدة للمنحدرات الغربية لجبال سيرانيفادا كما يحدث لرياح الفهن والشنوك .

### ثالثاً : الرياح الباردة :

وتأتى من شمال أوروبا ووسطها في اتجاه حوض البحر المتوسط مع مرور الانخفاضات الجوية وتأتى في نهاية هذه الانخفاضات وكذلك تهب على جنوب شرق استراليا وأهمها :

### ١- رياح المسترال : Mistral

تهب من أواسط فرنسا في اتجاه جنوبها على طول امتداد وادى نهر الرون نتيجة مرور الانخفاضات الجوية على الحوض الغربى للبحر المتوسط أو على دلتا النهر ، وهى رياح شمالية شديدة البرودة وسرعتها مرتفعة إذ أن متوسط سرعتها يتراوح بين ٥٥ إلى ٦٥ كيلو متر في

الساعة ، وتأتى هذه الرياح في مؤخرة الانخفاضات الجوية ، ولهذه الرياح آثار ضارة على الزراعات في منطقة وادى الرون ودلتاه ، إلى جانب غرق بعض السفن في خليج ليون واقتلاع بعض الأشجار ، وقد حاولت الحكومة الفرنسية تلافي أضرارها بواسطة زراعة نطاقات من الغابات على طول الريفيرا الفرنسية .

## ٢- رياح البورا : Bora

وهى رياح شديدة البرودة أيضاً وتهب من وسط أوروبا ومن حوض المجر على البحر الإديراتى ، وتهب على هذه المناطق في نهاية مرور الانخفاضات الجوية التى تمر على وسط إيطاليا والبحر الإديراتى ومنطقة شمال البلقان ، وهى رياح شديدة السرعة حيث تصل سرعتها إلى حوالى ١٣٠ كم في الساعة ، ومما يزيد من قوتها أنها تهبط من فوق جبال الألب وتؤدى إلى انخفاض الحرارة في منطقة البلقان وتكون مصحوبة بالأمطار والثلوج .

## ٣- رياح البورستر الجنوبية : Southerly Burster

وتهب على طول ساحل ولاية نيوسوث ويلز في استراليا وهى رياح جنوبية باردة ، تؤدى إلى انخفاض درجة الحرارة وتساعد على سقوط الأمطار، فتتخفض درجة الحرارة حوالى ١٥ ° مئوية خلال بضع دقائق ، ويؤدى إلى هبوبها مرور الانخفاضات الجوية العميقة على البحار المجاورة ، وتهب في فصل الربيع وتعتبر مقدمات فصل الصيف، وتؤدى هذه الرياح إلى القضاء على رياح البركفليدز الحارة كما سبق القول.



## ثانياً : ضد الإعصار : Anti : Cyclones

ويعرف باسم المرتفع الجوى ، ويعتبر من المظاهر الهامة أيضاً في خرائط الطقس ، وفيها يبدو الارتفاع الجوى على هيئة خطوط من الضغط المتساوى ببيضاوية أو دائرية أيضاً وهى تشابه في ذلك الانخفاض الجوى (الشكل رقم ٣٦) ولكنهما يختلفان عن بعضهما في عدة أمور أساسية منها :

١- تتزايد فيها أرقام الضغط الجوى ( المليلبارات ) كلما اتجهنا نحو مركز المرتفع الجوى بينما في الانخفاض تتناقص هذه الأرقام كلما اتجهنا نحو المركز ، وهى أرقام أكبر من ١٠١٣,٢ ملليبار والذى يمثل الضغط الجوى المتوسط عند مستوى سطح البحر ، ويوضع حرف ( H ) ليدل على أنه مرتفع High ، ويكون المركز أعلى المناطق ضغطاً .

٢- تدور الرياح في حالة ضد الإعصار إلى الخارج ، أى أنها تتحرك من المركز نحو الأطراف ، وتتجه هذه الرياح مع اتجاه عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالى وضد عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي ، وهذا ما يوضحه ( الشكل رقم ٣٩ ) ولكن الرياح في الانخفاض الجوى تتجه نحو المركز فتأخذ اتجاهها ضد عقارب الساعة في نصف الكرة الشمالى ومع عقارب الساعة في نصف الكرة الجنوبي ، أى على العكس من الرياح التى تصاحب المرتفع الجوى :

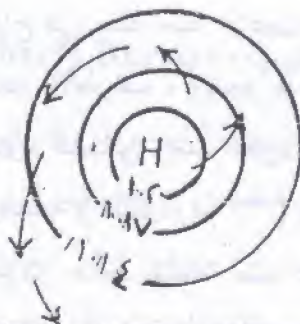
ضد الأعصار



نصف الكرة الشمالي

الدائرة الاستوائية

نصف الكرة الجنوبي



الشكل رقم (٣٩) حركة الرياح حول مركز ضداً لإعصار

في نصف الكرة الشمالي والجنوبي

٣- تغطي منطقة ضد الإعصار مساحة أكبر من المنطقة التي عليها الإعصار ، ويتحرك ضد الإعصار ببطء ، وتظهر المسافة بين خطوط الضغط المتساوي به كبيرة مما يؤدي إلى بطء سرعة الرياح المصاحبة له عكس الانخفاض الجوي.

٤- يحدث ضد الإعصار نتيجة لارتفاع الضغط الجوي فوق منطقة بصورة فجائية ويستمر على ذلك عدة أيام أو أسابيع ، بينما لا تطول مدة الانخفاض الجوي ولا يستمر فوق منطقة لمدة كبيرة .

٥- ومن أهم ما يميز ضد الإعصار عن الإعصار أنه مصحوب بالغالبا بجو صحو وهواء من كتلة هوائية متجانسة في حرارتها ورطوبتها بينما يتكون الإعصار من كتلتين أو أكثر مختلفتان في درجة حرارتهما ورطوبتهما .

وتنتج أصداد الأعاصير أو المرتفعات الجوية نتيجة أحد الأسباب التالية:

١- يؤدي خروج الهواء من مناطق الضغط المرتفع إلى المناطق المحيطة بها إلى ظهور تيارات هوائية هابطة في منطقة ضد الإعصار ، من محل الهواء الذي انتقل إلى الخارج إلى مناطق الضغط المنخفض من خط الاستواء فيما يعرف باسم الرياح التجارية ، أو نحو الضغط المنخفض في القطب فيما يعرف باسم الرياح العكسية ، وتخرج هذه الرياح من منطقة الضغط المرتفع فيما وراء المدارين (عروض الخيل) ، ويساعد هبوط الهواء وانضغاطه أثناء حركته نحو سطح الأرض على رفع درجة حرارته



، ويؤدي ذلك إلى انخفاض نسبة الرطوبة بها ، وبالتالي فإن الهواء في  
ضد الإعصار جاف .

٢- يتكون ضد الإعصار عادة من كتلة هوائية واحدة وهي كتلة  
باردة عكس الإعصار الذي يتكون من أكثر من كتلة مختلفة في درجة  
حرارتها ، ولأنها كتلة باردة ، فإنه يترتب على ذلك ارتفاع كثافتها  
وبالتالي ارتفاع ضغطها ، كأن تتكون منطقة ضغط مرتفع فوق اليابس في  
فصل الشتاء أو منطقة ضغط مرتفع فوق المسطحات المائية في فصل  
الصيف .

٣- يتبع ضد الإعصار في مساره الأعاصير ، حيث تفصل مناطق  
أضداد الأعاصير بين الانخفاضات الجوية بعضها البعض الآخر، ويحدث  
هذا على وجه الخصوص في العروض الوسطى في نصف الكرة الجنوبي،  
حيث أن معظم المنطقة عبارة عن مسطحات مائية ، أما في نصف الكرة  
الشمالي حيث يسود اليابس فإن مناطق الضغط المرتفع ، تظل في أماكنها  
معظم الوقت شبه ثابتة ، وتكون حركتها عبارة عن امتداد نحو الجنوب أو  
الشمال وليس انتقال من الغرب إلى الشرق ، بل ترسل السنة من الهواء  
البارد الثقيل في مؤخرة الانخفاضات الجوية ، وأحياناً تدفع الانخفاضات  
إلى الشمال أو إلى الجنوب في مناطق الضغط المرتفع شبه الثابتة ،  
وتبقى هي في أماكنها، وغالباً ما يحدث هذا فوق قارة أوروبا .

٤- تنشأ مناطق ارتفاعات جوية أو مناطق ضد الإعصار في  
المناطق القطبية وتظل هذه المناطق دائمة ، وذلك نتيجة وجود تيارات

هوائية هابطة من أعلى إلى أسفل وهذه الرياح باردة، مما يؤدي إلى زيادة كثافتها وبالتالي ارتفاع ضغطها فوق مناطق جليدية دائمة سواء في نصف الكرة الشمالي أو الجنوبي .

### درجات الحرارة أثناء مرور ضد الإعصار :

يتوقع أن ضد الإعصار كتلة هواء باردة تدل على شتاء قوى قادم من أوروبا أو شمال غرب آسيا ، ومتجه نحو الجنوب حتى يصل على منطقة البحر المتوسط ، وبالتالي سوف يأتي معه بدرجات حرارة منخفضة . تكون هي المسؤولة عن موجات البرد التي نشعر بها في مصر في بعض أوقات فصل الشتاء ، أما إذا كان الهواء الشمالي قادماً من منطقة المحيط الأطلنطي فإن برودته تكون أقل ، ويساعد على انخفاض درجات الحرارة أثناء مرور ضد الإعصار أن السماء تكون صافية ، مما يؤدي إلى زيادة معدلات الإشعاع الأرضي ، خاصة أثناء ليل الشتاء الطويل .

ويمكن مشاهدة تسجيلات الضغط الجوي على خرائط الطقس من خلال مجموعة من الرموز والشفرات التي منها يمكن التعرف على حالة الضغط الجوي بالمنطقة ، ويوضح الشكل رقم (٤٠) رموز قراءات الضغط الجوي التي يلجأ إليها الراصدين لأحوال الطقس لاستخدامها كإشارة إلى الذبذبات التي تطرأ على قراءة البارومتر، وتنقسم هذه الرموز إلى مجموعها إلى قسمين، يشتمل كل قسم منها خمس حالات تبين كل منها وضع معين للبارومتر، حيث توضح الحالات الخمس الأولى أن الضغط الجوي قد سجل ارتفاعاً أكثر مما كان عليه منذ ثلاثة ساعات وذلك أثناء

عملية الرصد، أما الرموز الخمس الأخرى فإنها توضح انخفاضاً في الضغط في ساعة الرصد عما كانت عليه منذ ثلاث ساعات سابقة وفيما يلي تفسير مضمون كل رمز من الرموز في الشكل رقم (٤٠):

الشكل رقم ( ٤٠ ) شفرات قراءة الضغط الجوى .

الرمز	الرقم	الرمز	الرقم
	٦		١
	٧		٢
	٨		٣
	٩		٤
			٥



تفسير كل رمز من الشفرة على النحو التالي :

رقم الرمز	دلالته
١	ارتفاع في البارومتر يليه انخفاض.
٢	ارتفاع في البارومتر يعقبه ثبات.
٣	ارتفاع بثبات أو بلا ثبات في البارومتر.
٤	هبوط أو ثبات في البارومتر يليه ارتفاع.
٥	ثبات في البارومتر.
٦	هبوط في البارومتر يعقبه ارتفاع.
٧	هبوط في البارومتر يليه ثبات.
٨	هبوط بثبات أو بلا ثبات في البارومتر.
٩	ثبات أو ارتفاع يعقبه هبوط.

أما عن طريقة تمثيل الجبهات على خرائط الطقس فتمثل الجبهات الباردة Cold Front باللون الأزرق ، بينما يتم تمثيل الجبهات الدفينة أو الساخنة Warm Front باللون الأحمر ، أما إذا كانت الجبهة ثابتة ، فإنه يستخدم اللونان معاً ، فيظهر اللونان ملتصقان على خرائط الطقس ، وتمثل الجبهات الدفينة على خرائط بواسطة أنصاف أقطار دوائر تشير إلى اتجاه حركتها، على حين توضح الباردة على خرائط الطقس بواسطة مثلثات صغيرة تشير رؤوسها إلى اتجاه حركة الجبهة ، أما الجبهة المنتهية والتي ترتبط كما سبق أن ذكرنا بالمرحلة الأخيرة Occlusion Stage فتظهر باللون البنفسجي ، حيث تظهر على شكل أنصاف دوائر ومثلثات متلاحق سوياً .

رمز الشفرة

الشكل الدال عليها



١



٢



٣



٤



٥



٦



٧



٨



٩



١٠



١١



١٢

الشكل رقم ( ١ : ) الرمز الدالة على الجبهات المختلفة .

ويمكن وصف هذه الرموز كل منها على حده على النحو التالي :

رقم الرمز	دلالتة
١	يشير إلى الجبهة الباردة وهو عبارة عن خط أزرق متصل .
٢	يشير إلى وجود جبهة هوائية باردة ولكنها توجد في جزء مرتفع عن سطح الأرض وتمثل بخط أزرق غير متصل .
٣	عبارة عن خط أحمر متصل يوضح جبهة دفيئة توجد فوق سطح الأرض .
٤	تمثل جبهة دفيئة مرتفعة فوق سطح الأرض ، لذا فالرمز خط أحمر غير متصل.
٥	تمثل خطين ملونين أحدهما أحمر والآخر أزرق متجاوران أو ملتصقان ، يوضحان جبهة ثابتة على سطح الأرض .
٦	تشابه الجبهة الثابتة التي ظهرت تحت رقم ٥ غير أنها متمركزة في مكان مرتفع بعيداً عن سطح الأرض ، ولأنها مرتفعة يظهر الخطان الأحمر والأزرق مقطعان .
٧	جبهة منتهية ورمزها عبارة عن خط بنفسجي متصل .
٨	جبهة منتهية ولكنها مرتفعة عن سطح الأرض رمزها خط بنفسجي مقطع .
٩	جبهة منتهية باردة تمثل بخطين السفلى أزرق والعلوى بنفسجي وهما خطان متصلان .
١٠	جبهة منتهية دفيئة تمثل أيضاً بخطين السفلى أحمر والعلوى بنفسجي وهما متصلان .
١١	جبهة منتهية ثابتة يمثلها خط بنفسجي متصل وهي قريبة من سطح الأرض .
١٢	سهم يشير إلى الاتجاه الذي تتحرك نحوه الجبهة وهو أزرق اللون إن كانت الجبهة باردة أو أحمر إن كانت دفيئة .



هذا إذا كانت الألوان متاحة للاستخدام أما إذا لم تتح الألوان فيمكن

استخدام الأشكال الموجودة بالجدول التالي :

الجدول رقم ( ١٠ ) يوضح طبيعة الجبهة وشكلها واتجاه حركتها .

طبيعة الجبهة	شكل الجبهة	إتجاه حركة الجبهة
جبهة باردة على الأرض		↓
جبهة باردة عليا		↓
جبهة حارة على الأرض		↑
جبهة حارة عليا		↑
جبهة منتهية على الأرض		↑
جبهة منتهية عليا		↑
جبهة ساكنة على الأرض		↑
جبهة ساكنة عليا		↑
جبهة منتهية ساكنة على الأرض		↑
جبهة منتهية ساكنة عليا		↑
جبهة منتهية حارة على الأرض		↑
جبهة منتهية حارة عليا		↑
جبهة منتهية باردة على الأرض		↑
جبهة منتهية باردة عليا		↑
جبهة غير معلومة		↑

## ثانياً : السحب والرموز والشفرات الموضحة لها

### في خرائط الطقس

لقد قسمنا السحب قبل ذلك إلى أربعة أنواع رئيسية يمكن أن نميز كل منها عن الأخرى بالعين المجردة وبخبرة المتروولوجي وهذه الأنواع هي السحاق Cirrus والركامي Cumulus والطباقي Stratus والمزني Nimbus ، ويعتبر السحاق من الأنواع المرتفعة ، بينما تظهر السحب الركامية على ارتفاعات منخفضة من سطح الأرض والتي تختلف في طبيعتها عن السحب الطباقية التي تقع تحتها والتي تظهر في شكل طبقة متأسفة .

وتنقسم الرموز التي تسجل بها السحب على خرائط الطقس إلى قسمين ، يتناول القسم الأول الرموز التي يتم استخدامها لإظهار أشكال السحب ، والقسم الثاني هو تلك الشفرات التي توضح أنماط السحب ، ينقسم المجموعة الأولى إلى ثلاثة رموز رئيسية وذلك تبعاً لارتفاع السحب عن سطح الأرض وهي :

- ١- السحب المنخفضة : Low Clouds ويرمز لها بالحروف ( CL ) .
- ٢- السحب متوسطة الارتفاع : Medium Clouds ورمزها ( CM ) .
- ٣- السحب المرتفعة : High Clouds ويرمز لها بالحروف ( CH ) .

## أولاً: السحب المنخفضة :

وتنقسم المجموعة الأولى ( CL ) إلى خمسة أنواع وهي :

أ- الركامي : Cumulus ويرمز لها بالحروف ( Cu ) .

وهو عبارة عن سحب سميك يشبه الصوف المندوف .

ب- المزن الركامي: Cumulonibos ويرمز له بالحروف ( Cn ) .

وهو عبارة عن سحب داكن اللون ويبدو على شكل أبراج .

ج- السحاب الركامي الطبقي : Strata-Cumulus ويرمز له

بالحروف ( Sc ) . وهو عبارة عن سحب سميك يبدو على هيئة

طبقات في شكل كتلة كروية أو دائرية .

د- السحاب الطبقي : Stratus ويرمز له بالحروف ( St ) .

وهو عبارة عن طبقة منتظمة من السحاب تبدو وكأنها ضباب .

هـ - سحب المزن الطبقي: Nimbo Stratus ويرمز له ( Ns ) .

وهذا النوع من السحب لونه قاتم بسبب سقوط المطر والتلج أحياناً

## ثانياً - السحب المتوسطة الارتفاع: Medium Clouds

ورمزها (CM):

وتنقسم هذه المجموعة هي الأخرى إلى خمسة أنواع هي :

أ- طبقي متوسط الارتفاع : Alto - Stratus ويرمزه ( As ) .



طبقة سميكة من السحاب الداكن اللون .

ب- ركامى متوسط الارتفاع : Alto - Cumulus ورمزه ( Ac ) .

كتل كبيرة مستديرة تبدو في شكل خطوط .

ج- السحاب المزن المتقطع : Fracto - Nimbus ورمزه (FN):

طبقة كثيفة من السحاب القاتم لا شكل له وهو ممطر عادة .

د- السحاب الركامى المرتفع : High Cumulus ورمزه ( Cuh ):

طبقة كتلية في شكل دوائر أو موجات وجزؤها السفلى داكن .

هـ- ركامى طبقي مرتفع High Strato Cumulus ورمزه (Sch).

### ثالثاً : السحب المرتفعة : High Clouds ورمزها ( CH ):

وتنقسم هذه المجموعة إلى ثلاثة أنواع هي :

أ- سحب السمحاق : Cirrus ورمزها ( Ci ) .

سحب مقطعة عالية كزغب الريس أو ندف القطن تتكون من بللورات ثلجية صغيرة جداً.

ب- سحب السمحاق الطبقي : Cirrus Stratus رمزها ( CS ) .

طبقة رقيقة من السحاب العالى قد تكون بيضاوية الشكل .

ج- سحب السمحاق الركامى: Cirro Cumulus ورمزها (Cc).

وهى كتل صغيرة من السحاب المرتفع تكون مستديرة تظهر في شكل مجموعات أو خطوط .

كما يقسمها البعض إلى أربع مجموعات كما يتضح من الجدول

التالى:

جدول رقم ( ١١ ) أنواع السحب من حيث الارتفاع والشكل

ارتفاع السحاب	نوعه
السحب العالية High Clouds CH	سحب السمحاق Cirrus سحب السمحاق الركامى Cirro - Cumulus سحب السمحاق الطبقي Cirro Stratus
سحب متوسطة الارتفاع Medium Clouds CM	سحب ركامى متوسط الارتفاع Alto Cumulus سحب طبقي متوسط الارتفاع Alto Stratus سحب المزن الطبقي Nimbo Stratus
سحب منخفضة Low clouds CL	سحب الركام الطبقي Strato Cumulus سحب الطباقية Stratus
سحب ذات نمو رأسى clouds in vertical Level CL	سحب الركام Cumulus سحب الركام المزن Cumulo nimbus

### أولاً السحب العالية : High Clouds

ولا ينتج عنها تساقط ( مطرى - ثلجى ) ، وهى بيضاء لا تحجب أشعة الشمس ، ونتيجة شدة ارتفاعها فإنها تتكون من بلورات ثلجية ، ولا يظهر لها ظل على سطح الأرض ، وقد تأتى في مقدمة الانخفاضات الجوية ويأتى بعدها سحب من أنواع أخرى مما يدل على اضطراب الجو وتنقسم إلى ثلاثة أنواع هي :

### ١- سحب السمحاق: (Ci)

وهي سحب مرتفعة جداً عبارة عن حبات من الثلج صغيرة الحجم جداً ، تشبه في شكلها زغب الريش الأبيض أو القطن المندوف ، وتظهر أحياناً في شكل خطوط عبر السماء ولها مظهر كالألياف أحياناً أخرى ، ولا تحجب أشعة الشمس وليس لها ظل على الأرض ، ووجودها في صفحة السماء يدل على الجو الصحو ، وإذا زاد سمكها وكثافتها دل ذلك على تغير الجو إلى طقس رديء وقرب حلول انخفاض جوى .

### ٢- سحب السمحاق الركامي: (Cc)

وهي سحب تظهر على شكل قطع أو بقع بيضاء وفي شكل مجموعات ، وتدل هذه السحب عموماً على الجو الصحو ، ولكنها قد تكون في مقدمة عاصفة إذا ما زادت كثافتها وقل ارتفاعها ، وتكون هذه السحب غالباً في حوض البحر المتوسط في مقدة الانخفاضات الجوية .

### ٣- سحب السمحاق الطبقي: (Cs)

وهي سحب بيضاء عالية وتغطي صفحة السماء بغطاء أبيض فتظهر السماء في شكل اللبن المسكوب ، وتتكون من جزيئات ثلجية ينتج عنها هالة حول القمر في الليل نتيجة انعكاس الضوء على بللورات الثلج ، وقد تغطي السماء جزيئاً لا كلياً .



وتمثل هذه السحب على خرائط الطقس الرموز التالية :

رقم الرمز	الشكل
صفر	بدون رمز
١	—
٢	—
٣	—
٤	—
٥	—
٦	—
٧	—
٨	—
٩	—

شكل (٤٢) شفرات السحب العالية.

وتدل الأرقام والأشكال أو الرموز على السحب التالية كما يتضح من

الجدول التالي:

الجدول رقم ( ١٢ ) أرقام رموز السحب المرتفعة ومدلولاتها .

الرمز	الدلالة
	ليس هناك سحب .
	سحب سمحاق على هيئة كتل متناشرة رقيقة .
	سحب سمحاق كثيرة تبدو على هيئة رقيقة مستمرة .
	سحب سمحاق سندانى الشكل عادة كثيفة .
	سحب سمحاق على شكل هلب أو خطاف .
	سحب سمحاق طبقي متقاربة ( متقدمة ) صوب الأفق بزاوية لا يزيد ارتفاعها عن ٤٥ ° فوق خط الأفق .
	سحب سمحاق طبقي يزداد انتشارها ( ارتفاعها ) فوق الأفق بزاوية تزيد عن ٤٥ ° مع الأفق .
	سحب سمحاق طبقي لا تغطي السماء .
	سحب سمحاق لا تغطي كل السماء بل أجزاء منه .
	سحب سمحاق ركامي تصاحب بعض سحب السمحاق .

## ثانياً السحب المتوسطة : Medium Clouds

وتتكون هذه السحب من قطرات من المياه المتلجة مع بعض

بلورات ثلجية وتنقسم إلى الأنواع التالية :

### ١- سحب الركام المتوسط الارتفاع (Ac) :

ويتكون من لفات كثيفة من السحب بينها أجزاء تخف فيها السحب إلى جانب قطع من السحب ، وهى منتظمة في أشكالها ولونها رمادى داكن وأحياناً تأخذ مجموعات في صفوف طويلة أو على شكل أمواج متتابعة ، وعند وجودها في الجو يدل ذلك عادة على تغير مفاجئ في حالة الجو إلى الأسوأ نتيجة اقتراب عاصفة رعدية .

### ٢- سحب الطبقي متوسط الارتفاع : (Ac) :

وهى سحب منخفضة تظهر في لون رمادى أو يميل إلى اللون الأزرق ، منتظمة في شكلها على هيئة تشبه الضباب ، ولكنها لا تصل إلى سطح الأرض ولكنها قريبة منه ، ويمكن أن يرى منها ضوء الشمس والقمر بلون خافت ، أما إذ كانت كثيفة فإنها تحجب ضوء الشمس تماماً وقد تسقط منها في هذه الحالة قطرات من المطر الخفيف .

### ٣- المزن الطبقي (Ns) :

سحب كثيفة غير منتظمة الأشكال ، وهى ذات لون داكن في جزئها الأسفل ، ويحتمل أن تسقط مطراً ، ويظهر جزؤها العلوى على هيئة سندان ، وتحجب أشعة الشمس ، وقد يصاحبها أحياناً برق ورعد .



### ثالثاً : السحب المنخفضة Low clouds

وهي سحب تتكون من قطرات مائية صغيرة وتقترب من سطح الأرض وتنقسم إلى :

#### ١- سحب الركام الطبقي : (Sc)

تتكون من لفافات كثيفة من السحب بينها أجزاء خفيفة وقطع السحاب منتظمة في أشكالها ولونها رمادي غامق ، أو في شكل لفافات طويلة ومتوازية، وتوجد في ليالي سماء صافية ، ولا تسبب مطر إلا نادراً.

#### ٢- سحب طباقية : (St)

سحب رمادية منتظمة منخفضة تشبه الضباب ولكنها لا تصل إلى سطح الأرض ، وقد تسقط قطرات خفيفة من المطر على شكل رذاذ ، ويمكن أن نرى منها ضوء الشمس أو القمر إن كان خفيفاً وقد تحجبهم إذا كانت كثيفة .

#### رابعاً : السحب ذات النمو الرأسى :

وتعتبر أخفض السحب وهي تمتد قريباً من سطح الأرض وقد تمتد إلى أعلى نطاقات السحب حتي تقترب من السحب المرتفعة، وكذلك تسمى بالسحب العمودية وتتكون من :

### ١- سحب الركام (Cu)

سحب كثيفة تمتد رأسياً وهي تشبه في شكلها زهرة القرنبيط ، ويعنى ذلك وجود حركة تصعيد في الهواء إلى أعلى ، وتوجد غالباً في الجو الصحو، وتفصل بين كل سحابة والأخرى مناطق خالية من السحاب تسمح بمرور الشمس خلالها وتنشأ عند تسخين الهواء في النهار نتيجة سخونة سطح الأرض بفعل أشعة الشمس، وتتكون من قطرات مائية خاصة في الجزء السفلى بينما قد تتحول إلى بلورات ثلجية في الجزء العلوى والتي تنخفض بها درجات الحرارة إلى ما دون الصفر المئوى .

### ٢- سحب المزن الركامى (Cb)

وتمتد هي الأخرى رأسياً حتى تصل إلى مستوى التكاثف وبالتالي يصاحبها سقوط أمطار غزيرة وحدوث الرعد والبرق وأحياناً سقوط البرد، وتبدو هذه السحب في شكل كتل ضخمة ومتراكمة كالجبال ، وهي تشبه سحب الركام في أن الجزء السفلى منها عبارة عن قطرات مائية أما الجزء العلوى فبلورات ثلجية وهي تنشأ من التيارات الهوائية الصاعدة القوية.

ويوضح الشكل رقم ( ٤٣ ) شفرات السحب المنخفضة والمتوسطة الارتفاع .

رموز السحب متوسطة الارتفاع	رموز السحب المنخفضة	رقم الرمز
بدون رمز	بدون رمز	صفر
↖	⬇	١
↗	⬆	٢
↘	⬇	٣
↙	⬆	٤
↖	⬆	٥
↗	⬆	٦
↘	⬆	٧
↙	⬆	٨
↖	⬆	٩

الشكل رقم (٤٣) السحب المتوسطة والمنخفضة.



الجدول رقم ( ١٣ ) دلالات رموز وشفرات السحب المنخفضة











الرقم	دلالاته
صفر	لا توجد سحب
١	سحب ركامية بسيطة ( ركام بسيط ) .
٢	سحب ركامية منخفضة ثقيلة منتفخة على هيئة سندان .
٣	سحب ركامية مزنية .
٤	سحب ركام طبقي ناشئ من مقطع الركام .
٥	طبقة من السحاب الطبقي أو الركام الطبقي .
٦	سحب منقطعة منخفضة مصحوبة بطقس رديء .
٧	سحب ركامية ثقيلة منتفخة أو ركام مزني مندمج في ركام طبقي .
٨	سحب ركامية مهلهلة ثقيلة مصاحبة لطقس سيء .
٩	سحب ركام مزني بقمم سمحاقية ركامية .

ومن خلال الشكل رقم (٤٣) يمكن التعرف على رموز السحب متوسط الارتفاع وتشير أرقامها إلى أنواع السحب كما في الجدول التالي.

بول رقم ( ١٤ ) دلالات رموز وشفرات السحب متوسطة الارتفاع










رقم	دلالاته
١	لا توجد سحب .
٢	سحب من النوع الطباقى رقيقة ومتوسطة ( نصف شفافة ) .
٣	سحب طباقية متوسطة السمك معتمة .
٤	سحب رقيقة ركامية متوسطة أحياناً .
٥	سحب ركامية متوسطة تظهر في شكل لوزى أو كتلى منفصل .
٦	سحب ركامية متوسطة على هيئة أشرطة أو صفوف .
٧	سحب ركامية متوسطة ناتجة عن انتشار قمم السحب الركامية .
٨	سحب ركامية متوسطة مندمجة في طبقة متوسطة .
٩	سحب ركامية من النوع المتوسط في شكل قطع ندف القطن المتناثرة .
١٠	سحب ركامية متوسطة على هيئة طبقات مختلفة الارتفاعات .

أما عن الشفرات التى توضح كميات السحب التى تغطى صفحة السماء  
فقد استخدمت لذلك شفرات قديمة هى التى تتضح من الشكل رقم (٤٤)  
ولم تعد تستخدم الآن على المستوى الدولى، بينما تستخدم شفرة جديدة عن  
طريق الهيئة الدولية للأرصاد الجوية وهى التى يمثلها الشكل رقم (٤٥)  
وضح الجدول التالى مدلول الأرقام فى الشفرة القديمة .

الرقم	الرمز	الرقم	الرمز
صفر		٥	
١		٦	
٢		٧	
٣		٨	
٤		٩	

الشكل رقم (٤٤) الشفرة القديمة لتقدير كمية السحب



الرقم	الرمز	الرقم	الرمز
صفر		٥	
١		٦	
٢		٧	
٣		٨	
٤		٩	

الشكل رقم (٤٥) الشفرة الحديثة لتقدير كمية السحب

الجدول رقم (١٥) أرقام الشفرة القديمة ومدلولاتها

الرقم	الدلالة
صفر	سما صافية ولا توجد سحب
١	$\frac{1}{8}$ السماء مغطى بالسحب
٢	$\frac{2}{8}$ السماء تغطية السحب .
٣	$\frac{3}{8}$ السماء تغطية السحب .
٤	$\frac{4}{8}$ السماء مغطى بالسحب .
٥	$\frac{5}{8}$ السماء مغطى بالسحب .
٦	$\frac{6}{8}$ السماء تغطية السحب .
٧	$\frac{7}{8}$ السماء تغطية السحب .
٨	السماء مغطاة تماماً بالسحب .
٩	السماء مظلمة والرؤية غير واضحة للراصد.

بينما قسمت الشفرة القديمة السماء إلى ١٠ أجزاء نجد أن الشفرة الحديثة قد قسمت السماء إلى ٨ أجزاء زيادة في التوضيح وهذا ما سوف نراه من جدول مدلول أرقام : الشفرة الحديثة.

جدول رقم ( ١٦ ) أرقام الشفرة الحديثة ومدلولاتها

الرقم	الدلالة
صفر	لا توجد سحب والسماء صافية .
١	تغطي السحب $\frac{1}{10}$ السماء أو أقل .
٢	تغطي السحب ما بين $\frac{1}{10}$ ، $\frac{2}{10}$ من السماء .
٣	تغطي السحب $\frac{3}{10}$ السماء .
٤	تغطي السحب $\frac{4}{10}$ السماء .
٥	تغطي السحب $\frac{5}{10}$ السماء .
٦	تغطي السحب ما بين $\frac{6}{10}$ ، $\frac{7}{10}$ من السماء .
٧	تغطي السحب أكثر من $\frac{7}{10}$ من السماء مع وجود فجوات ضيقة لا تغطيها السحب .
٨	السماء محجوبة تماماً بالسحب .
٩	تنقسم السماء بالإظلام وعدم وضوح الرؤية للراصد .

ثالثاً: الرياح والعواصف ورموزها وشفراتها في خرائط الطقس

يتم تمثيل اتجاه الرياح في خرائط الطقس بخط ينتهي إلى الدائرة التي تمثل المحطة، ويكون اتجاهه نحو مركز المحطة، أما سرعة الرياح فتظهر على شكل خطوط مائلة على اتجاه الرياح وهي تتبع في ذلك مقياس بيפורت Peaufort كما يوجد دليل رقمي يوضح اتجاه الرياح أيضاً كما هو مبين فيما يلي



الجنول رقم ( ١٧ ) رقم اتجاه الرياح

رقم الاتجاه	الاتجاه	درجة الاتجاه
٠٠	هواء ساكن ولا توجد رياح.	سكون
٠٢	الشمال.	صفر/ ٣٦٠°
٠٤	شمال الشمال الشرقي.	٢٢,٥°
٠٦	الشمال الشرقي	٤٥°
٠٨	شرق الشمال الشرقي.	٦٧,٥°
١٠	شرق.	٩٠°
١٢	شرق الجنوب الشرقي.	١١٢,٥°
١٤	الجنوب الشرقي.	١٤٥°
١٦	جنوب الجنوب الشرقي.	١٦٧,٥°
١٨	الجنوب.	١٨٠°
٢٠	جنوب الجنوب الغربي.	٢٠٢,٥°
٢٢	الجنوب الغربي.	٢٢٥°
٢٤	غرب الجنوب الغربي.	٢٤٧,٥°
٢٦	غرب.	٢٧٠°
٢٨	غرب الشمال الغربي.	٢٩٢,٥°
٣٠	الشمال الغربي.	٣١٥°
٣٢	شمال الشمال الغربي.	٣٣٧,٥°

الرقم	الشفرة
صفر	○
١	—
٢	— └─
٣	— └─ └─
٤	— └─ └─ └─
٥	— └─ └─ └─ └─
٦	— └─ └─ └─ └─ └─
٧	— └─ └─ └─ └─ └─ └─
٨	— └─ └─ └─ └─ └─ └─ └─
٩	— └─ └─ └─ └─ └─ └─ └─ └─
١٠	— └─ └─ └─ └─ └─ └─ └─ └─ └─
١١	▲—
١٢	▲— └─
١٣	▲— └─ └─
١٤	▲— └─ └─ └─
١٥	▲— └─ └─ └─ └─
١٦	▲— └─ └─ └─ └─ └─
١٧	▲— └─ └─ └─ └─ └─ └─ └─

الشكل رقم ( ٤٦ ) شفرات سرعة الرياح

جدول رقم (١٨) توضيح دليل الأرقام الموضحة لشفرات سرعة الرياح.

الرقم	بالعقدة / ساعة	بالميل / ساعة	بالكم / ساعة
١	هادئة	هادئة	هادئة
٢	٢-١	٢-١	٣-١
٣	٧-٣	٨-٣	١٣-٤
٤	١٢-٨	١٤-٩	١٩-١٤
٥	١٧-١٣	٢٠-١٥	٣٢-٢٠
٦	٢٢-١٨	٢٥-٢١	٤٠-٣٣
٧	٢٧-٢٣	٣١-٢٦	٥٠-٤١
٨	٣٢-٢٨	٣٧-٣٢	٦٠-٥١
٩	٣٧-٣٣	٤٣-٣٨	٦٩-٦١
١٠	٤٢-٣٨	٤٩-٤٤	٧٩-٧٠
١١	٤٧-٤٣	٥٤-٥٠	٨٧-٨٠
١٢	٥٢-٤٨	٦٠-٥٥	٩٦-٨٨
١٣	٥٧-٥٣	٦٦-٦١	١٠٦-٩٧
١٤	٦٢-٥٨	٧١-٦٧	١١٤-١٠٧
١٥	٦٧-٦٣	٧٧-٧٢	١٢٤-١١٥
١٦	٧٢-٦٨	٨٣-٧٨	١٣٤-١٢٥
١٧	٧٧-٧٣	٨٩-٨٤	١٤٣-١٣٥
١٨	١٠٣-١٠٧	١١٩-١٢٣	١٩٨-١٩٢

وقد كان مقياس الأدميرال البريطاني السير بوفورت من أول المقاييس المستخدمة في تقدير سرعات الرياح وتأثيراتها، وقد أعد في عام ١٨٠٥ لمساعدة البحارة بالملاحظات البصرية، ويبدأ المقياس بالقوة (صفر) وينتهي بالقوة (١٢) ومازال هذا المقياس يستخدم سواء علي اليابس أو علي الماء، وينتشر القياس علي اليابس أو الماء علي ارتفاع ١٠ أمتار من السطح في كل منهما.



جدول رقم (١٩) سرعات الريح بمقياس بوفورت

وصف الريح	السرعة المتكافئة		قوة الريح
	بالعقدة/ ساعة	بالميل/ ساعة	
هادئة	١-٠	١-٠	٠
هواء خفيف	١-٣	١-٣	١
نسيم خفيف	٤-٦	٤-٧	٢
نسيم لطيف	٧-١٠	٨-١٢	٣
نسيم معتدل	١١-١٦	١٣-١٨	٤
نسيم منعش	١٧-٢١	١٩-٢٤	٥
نسيم قوي	٢٢-٢٧	٢٥-٣١	٦
شبه هوجاء	٢٨-٣٣	٣٢-٣٨	٧
هوجاء	٣٤-٤٠	٣٩-٤٦	٨
هوجاء قوية	٤١-٤٧	٤٧-٥٤	٩
عاصفة	٤٨-٥٥	٥٥-٦٣	١٠
عاصفة عنيفة	٥٦-٦٣	٦٤-٧٢	١١
هيريكن	٦٤-٧١	٧٣-٨٣	١٢

أما عن العواصف فيوجد نوعين من الشفرات يستخدمان ليدلان على العواصف، وذلك لأن العواصف الترابية Dust Storms والعواصف الرملية Sand Storms تختلفان تماماً عن العواصف الرعدية Thunder Storms، حيث تصاحب العواصف الرعدية عموماً أمطار رعدية غزيرة مع احتمالات

كبيرة لسقوط البرد، لذلك توجد تشمل كل العواصف باستثناء العواصف الرعدية، مع وجود شفرة للعواصف الرعدية.

الرقم	الشفرة
٣٠	↺
٣١	↺
٣٢	↺
٣٣	↻
٣٤	↻
٣٥	↻
٣٦	↕
٣٧	↗
٣٨	↖
٣٩	↗↖




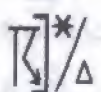
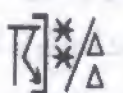
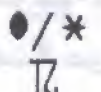
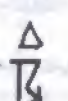
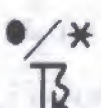
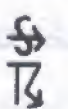

شكل رقم ( ٤٧ ) شفرات العواصف الترابية والرمليّة والنّجبية  
ويدل الجدول التالي على مدلولات أرقام شفرات العواصف لتوضيح نوع  
العواصف الموجودة .

جدول ( ٢٠ ) مدلولات أرقام الشفرات لمعرفة نوعية العواصف

الرقم	مدلول الشفرة
٣٠	عاصفة ترابية أو رملية ضعيفة أو متوسطة تتأقصت في الساعة الماضية
٣١	عاصفة ترابية أو رملية ضعيفة أو متوسطة لم يحدث بها تغير في الساعة الماضية.
٣٢	عاصفة ترابية أو رملية ثابتة ضعيفة أو متوسطة بدأت أو تزايدت في الساعة الماضية.
٣٣	عاصفة ترابية أو رملية قوية بدأت في الضعف في الساعة الماضية.
٣٤	عاصفة ترابية أو رملية قوية لم يحدث بها تغير في الساعة الماضية.
٣٥	عاصفة ترابية أو رملية قوية بدأت أو تزايدت في الساعة الماضية.
٣٦	عاصفة ثلجية خفيفة أو متوسطة منخفضة عموماً.
٣٧	عاصفة ثلجية كثيفة منخفضة عموماً.
٣٨	عاصفة ثلجية خفيفة أو متوسطة مرتفعة عموماً.
٣٩	عاصفة ثلجية شديدة مرتفعة عموماً.

بينما يوضح الشكل رقم ( ٤٨ ) شفرات العواصف الرعدية ، والتي صاحبها سقوط الأمطار الغزيرة وسقوط البرد ، ومن ثم فإنه عند الإشارة إلى أي نوع من العواصف يجب أن يذكر اسم العاصفة ، وتتكون العواصف عند تفاعل سرعة الرياح .



الرقم	الشفرة
٩٠	
٩١	
٩٢	
٩٣	
٩٤	
٩٥	
٩٦	
٩٧	
٩٨	
٩٩	

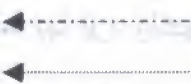
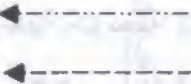
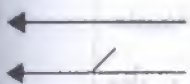

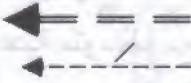


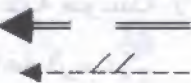

شكل رقم ( ٤٨ ) شفرات العواصف الرعدية

جنول رقم ( ٢١ ) مدلولاً أرقام شفرات العواصف الرعدية

الرقم	مدلول الرقم
٩٠	رخات برد متوسطة أو شديدة مع أ بدون مطر ومختلطة بثلج غير مرتبطة برعد.
٩١	مطر في ساعة الرصد وعاصفة رعدية في الساعة السابقة ولكن ليس في ساعة الرصد.
٩٢	مطر قليل أو غزير في ساعة الرصد وعاصفة رعدية في الساعة السابقة ولكن ليس في ساعة الرصد.
٩٣	ثلج قليل أو مطر مختلط بثلج أو برد في ساعة الرصد وعاصفة رعدية في الساعة السابقة ولكن ليس في ساعة الرصد.
٩٤	ثلج متوسط أو مطر مختلط بثلج أو برد في ساعة الرصد وعاصفة رعدية في الساعة السابقة ولكن ليس في ساعة الرصد.
٩٥	عاصفة رعدية متوسطة لا يسقط بها برد ولكنها مصحوبة بسقوط مطر و/أو ثلج في ساعة الرصد .
٩٦	عاصفة رعدية متوسطة مع سقوط قليل من البرد ساعة الرصد .
٩٧	عاصفة رعدية متوسطة لا تسقط برداً ولكنها مصحوبة بمطر و/أو ثلج في ساعة الرصد .
٩٨	عاصفة رعدية مصحوبة بعاصفة ترابية ساعة الرصد .
٩٩	عاصفة رعدية شديدة مع سقوط برد ساعة الرصد .

أما الرياح فقد ترسم في خرائط خطوط الضغط المتساوى أو ترسم في خرائط خاصة بها، كما هو الحال في خرائط الدورة الهوائية حيث ترسم الاسم الخاصة بالرياح دون الاعتماد على بيانات دقيقة تبين سرعة الرياح وقوتها ، والتي إذا توافرت بياناتها تساعد على توضيح صورة الرياح بشكل أدق ، لأنه في هذه الحالة سيتم رسم أسهم الرياح بمقاييس رسم توضح سرعة الرياح ونسبة هبوبها .

ومن ثم فإن الأسهم المتصلة التي تستخدم في خرائط الطقس تختلف عن الأسهم النسبية التي تشير إلى نسبة هبوب الرياح السائدة وقوتها تماماً، لأن النوع الأخير تتنوع أشكاله ويختلف السمك النسبى من سهم إلى آخر كما ينضج من الشكل رقم ( ٤٩ ) .

نسبة هبوب الرياح			سرعة الرياح بالكم
أقل من ٥٠ %	من ٥٠ - ٧٥ %	أكثر من ٧٥ %	
			أقل من ٥
			من ٦ - ١٥
			أكثر من ١٥

الشكل رقم ( ٤٩ ) سرعة ونسبة هبوب الرياح



## رابعاً : مظاهر التكاثف في خرائط الطقس

إذا كانت دراسة السحب في خرائط الطقس لها أهمية خاصة وواضحة ، فإن مظاهر التكاثف والتساقط لا تقل عنها أهمية ، ولذلك نجد عدد من الشفرات الخاصة بمظاهر التكاثف والتساقط ، ومنها شفرة الضباب الشكل رقم (٥٠) ، منها يستطيع المتروولوجيين والجغرافيين التفرقة بين أنواع الضباب والشيورة المختلفة كأن يكون ضباب سميك والضباب شديد الكثافة والعينات الدالة على كل نوع منها ، كما توجد الشفرات الخاصة بالبرذاذ وهي نوع من التساقط يختلف عن المطر ، وكذلك الشفرات الدالة عن المطر الذي يمثل أهم مظاهر التساقط ، ثم شفرات الثلج والذي لا يقل عن المطر كأحد مظاهر التساقط وشفرات رخات تساقط وأنواع أخرى من شفرات التساقط كما سيلى ذكره:

١ - الضباب : Fog

الرقم	الشفرة
٤٠	(≡)
٤١	≡
٤٢	≡
٤٣	≡
٤٤	≡
٤٥	≡
٤٦	≡
٤٧	≡
٤٨	≡
٤٩	≡

الشكل رقم ( ٥٠ ) شفرات الضباب

جدول رقم ( ٢٢ ) أرقام شفرات الضباب ومدلولاتها .

الرقم	الدلالة
٤٠	ضباب أو ضباب تلجى يري عن بعد في ساعة الرصد لكنه لم يكن موجود عند محطة الرصد في ساعة الرصد.
٤١	ضباب أو ضباب تلجى في شكل بقع.
٤٢	ضباب أو ضباب تلجى تري منه السماء لأنه بدأ يخف في الساعة الماضية.
٤٣	ضباب أو ضباب تلجى يحجب السماء لكنه بدأ يخف في الساعة الماضية.
٤٤	ضباب أو ضباب تلجى تري منه السماء ولم يحدث تغير الساعة الماضية.
٤٥	ضباب أو ضباب تلجى لا تري منه السماء ولم يحدث تغير الساعة الماضية.
٤٦	ضباب أو ضباب تلجى تري منه السماء وبدأ أوقف سمكه في الساعة الماضية.
٤٧	ضباب أو ضباب تلجى يحجب السماء وبدأ أوقف سمكه في الساعة الماضية.
٤٨	ضباب حديث التراكم (التكوين) و تري من خلاله السماء.
٤٩	ضباب حديث التراكم (التكوين) و لكنه يحجب السماء.



## ٢ - الرذاذ : Drizzle

ويختلف الرذاذ عن المطر في أن حجم حبيباته دقيقة، ويرتبط أساساً بتكون الضباب والسحب من النوع الطباقى ويوضح الشكل رقم (٥١) الشفرات المستخدمة في الرذاذ .











الرقم	الشفرة
٥٠	,
٥١	”
٥٢	;
٥٣	,,
٥٤	,,
٥٥	,,
٥٦	~
٥٧	~
٥٨	;
٥٩	;

الشكل رقم ( ٥١ ) شفرات الرذاذ.

الجدول رقم ( ٢٣ ) أرقام شفرات الرذاذ ومدلولاتها .

الرقم	الدلالة
٥٠	رذاذ منقطع (غير متجمد) خفيف في وقت الرصد .
٥١	رذاذ مستمر (غير متجمد) خفيف في وقت الرصد.
٥٢	رذاذ منقطع (غير متجمد) متوسط في وقت الرصد.
٥٣	رذاذ مستمر (غير متجمد) متوسط في وقت الرصد.
٥٤	رذاذ منقطع (غير متجمد) كثيف في وقت الرصد.
٥٥	رذاذ مستمر (غير متجمد) كثيف في وقت الرصد.
٥٦	رذاذ متجمد نوعاً.
٥٧	رذاذ متجمد متوسط أو كثيف.
٥٨	رذاذ مصحوب بمطر خفيف.
٥٩	رذاذ ومطر معتدل أو كثيف.

٣- المطر: Rain ويوضح الشكل رقم (٥٢) شفرات الدالة على المطر

الرقم	الشفرة
٦٠	
٦١	
٦٢	
٦٣	
٦٤	
٦٥	
٦٦	
٦٧	
٦٨	
٦٩	

الشكل رقم ( ٥٢ )



جدول رقم ( ٢٤ ) أرقام شفرات المطر ومدلولاتها

الرقم	الدلالة
٦٠	مطر متقطع (غير متجمد) خفيف ساعة الرصد .
٦١	مطر مستمر (غير متجمد) خفيف ساعة الرصد.
٦٢	مطر متقطع (غير متجمد) متوسط ساعة الرصد.
٦٣	مطر مستمر (غير متجمد) متوسط ساعة الرصد.
٦٤	مطر متقطع (غير متجمد) كثيف ساعة الرصد.
٦٥	مطر مستمر (غير متجمد) كثيف ساعة الرصد.
٦٦	مطر خفيف متجمد .
٦٧	مطر متوسط أو كثيف متجمد.
٦٨	مطر أو رذاذ وتلج ،خفيف.
٦٩	مطر أو رذاذ وتلج ،متوسط أو كثيف.

#### ٤- الثلج : Snow

وهو نوع من التساقط يسقط على شكل بلورات أو ندف تلج فيختلف عن الجليد المتميع Sleet والبرد، إذ أن الجليد المتميع أو المطر الثلجي كما يحلو لبعض الباحثين أن يسموه لا يتكون إلا في درجة حرارة قريبة من نقطة التجمد أو أعلى منها قليلاً، فهي قطرات ما بين الماء والثلج ، حيث يسقط على هيئة أمطار متجمدة أو تلج، وهو الذي يختلف عن البرد الذي يمثل كرات جليدية ثقيلة ذات أشكال مختلفة وشفافة يرتبط سقوطها بالمزن ، وتستخدم لبيان التساقط الثلجي وأنواع الثلوج عدة شفرات هي المستخدمة في الشكل رقم ( ٥٣ ) :

الرقم	الشفرة
٧٠	*
٧١	**
٧٢	***
٧٣	****
٧٤	*****
٧٥	*****
٧٦	↔
٧٧	△
٧٨	✕
٧٩	△●

الشكل رقم ( ٥٣ ) شفرات النتائج.

ويوضح الجدول التالي أرقام شفرات الثلج ومدلولاتها

جدول رقم ( ٢٥ ) أرقام شفرات الثلج ومدلولاتها

الرقم	الشفرة
٧٠	سقوط ندف ثلج متقطع خفيف وقت الرصد.
٧١	سقوط ندف ثلج مستمر خفيف وقت الرصد.
٧٢	سقوط ندف ثلج متقطع متوسط وقت الرصد.
٧٣	سقوط ندف ثلج مستمر ومتوسط وقت الرصد.
٧٤	سقوط ندف ثلج متقطع كثيف وقت الرصد.
٧٥	سقوط ندف ثلج مستمر وكثيف وقت الرصد.
٧٦	شظايا ثلجية (غبار بللوري) مع أو بدون ضباب.
٧٧	حببيات ثلجية مع أو بدون ضباب.
٧٨	بللورات ثلجية منفصلة تشبه النجوم مع أو بدون ضباب.
٧٩	كرات ثلجية مائعة.

وإذا استمر التساقط في شكل دفعة واحدة في فترة زمنية قصيرة وبعد ذلك











ينقطع هذا التساقط فإننا نطلق عليه اسم رخات Showers .

### ٥- الرخات : Showers.

وتستخدم لها شفرات للتمييز بينها وبين بعضها كما هو الحال في الشكل

التالي رقم ( ٥٤ ) :



الرقم	الشفرة
٨٠	
٨١	
٨٢	
٨٣	
٨٤	
٨٥	
٨٦	
٨٧	
٨٨	
٨٩	

الشكل رقم ( ٥٤ ) شفرات رذات المطر

يوضح الجدول التالي مدلولات أرقام شفرات رخات المطر على النحو التالي:  
جدول رقم ( ٢٦ ) أرقام شفرات رخات المطر ومدلولاتها .

رقم	الدلالة
٨٠	رخة/ رخات مطر خفيفة.
٨١	رخة/ رخات مطر متوسطة أو غزيرة.
٨٢	رخة/ رخات مطر عنيفة
٨٣	رخة/ رخات مطر مختلط بالثلج خفيفة.
٨٤	رخة/ رخات مطر مختلط بالثلج متوسطة أو غزيرة.
٨٥	رخة/ رخات ثلج خفيفة.
٨٦	رخة/ رخات كرات ثلجية متوسطة أو غزيرة.
٨٧	رخة/ رخات كرات ثلجية أو برد صغير خفيفة.
٨٨	رخة/ رخات كرات ثلجية متوسطة أو غزيرة أو كرات جليد مع
٨٩	أو بدون مطر أو مطر مختلط بثلج.
٩٠	رخة/ رخات برد مع أو بدون مطر أو مطر مختلط بثلج غير
٩١	مرتبطة بالرعد .

#### ١- شفرات إضافية للتكاثر والتساقط:

تستخدم بعض الشفرات الإضافية لتوضح أنواع من التكاثر والتساقط  
أنواع المطر والثلج والضباب والرخات التي أوضحنا شفراتها فيما سبق ،  
هذه الشفرات هي التي يوضحها الشكل رقم ( ٥٥ ) على النحو التالي :

الرقم	الشفرة
٠٤	~
٠٥	∞
١٠	=
١٥	)•(
٢٠	]•
٢١	]•
٢٢	]•*
٢٣	]•*
٢٤	]~
٢٥	]•▽
٢٦	]•*▽
٢٧	]•△

الشكل رقم ( ٥٥ ) شفرات التكايف والتساقط الإضافية.



ويوضح الجدول التالي مدلولات أرقام شفرات التكاثف والتساقط الإضافية

النحو التالي: جدول رقم (٢٧) أرقام شفرات التكاثف والتساقط الإضافية

الدلالة

قلت الرؤية بسبب الشبورة التي تشبه الدخان .

شبورة Haze والرؤية أكثر من كيلو متر واحد .

ضباب خفيف جداً والرؤية أقل من كيلو متر .

تساقط خلال الرؤية يصل إلي سطح الأرض أو البحر لكن علي بعد حوالي ٥ كم المحطة .

رذاذ (غير متجمد) أو حبيبات ثلج لا تسقط كرخات في الساعة السابقة وليس في ساعة الرصد .

مطر (غير متجمد لا تسقط كرخات) في الساعة السابقة وليس في ساعة الرصد .

ثلج (لا يسقط كرخات) في الساعة السابقة وليس في ساعة الرصد .

مطر وثلج أو كرات جليد (لا يسقط كرخات) في الساعة السابقة وليس في ساعة الرصد .

رذاذ متجمد أو مطر متجمد (لا يسقط كرخات) في الساعة السابقة وليس في ساعة الرصد .

رخات مطر في الساعة السابقة لكن ليس في ساعة الرصد .

رخات ثلج أو مطر وثلج في الساعة السابقة لا في ساعة الرصد .

رخات برد أو برد مطر في الساعة السابقة لكن ليس في ساعة الرصد .

٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠	
∞	ℓ	\$/ℓ	S (S)	≈	○	○	○	○	○	00
)	∇	ℓ	(.)	.)	∪	∪	≡	≡	=	١
ℓ	≡	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	٢
ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	٣
ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	٤
ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	٥
ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	ℓ	٦
△	*	△	↔	* * *	* * *	* * *	* *	**	*	٧
△	△	△	* △	* △	* △	* △	* △	* △	* △	٨
△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	٩

الشكل رقم (٥٦) شفرات الطقس الحاضر

ويوضح الجدول التالي مدلولات أرقام شفرات الطقس الحاضر التي تمثل كل حالات الطقس التي يمكن تسجيلها في أي محطة أرصاد.

جدول رقم (٢٨) مدلول شفرات الطقس الحاضر

الرقم	مدلول الشفرة
صفر	السماء صافية ولم يلاحظ بها سحب في الساعة الماضية.
٠١	تتبدد السحب عموماً أو تصبح أقل تطوراً في الساعة الماضية.
٠٢	لم تتغير حالة السماء ككل في الساعة الماضية.
٠٣	تتكون أو تتطور السحب في الساعة الماضية.
٠٤	قلت الرؤية بسبب الشبورة التي تشبه الدخان.
٠٥	شبورة Haze والرؤية أكثر من كيلو متر واحد.
٠٦	غبار واسع الانتشار معلق في الهواء غير مرفوع بالريح في ساعة الرصد.
٠٧	غبار أو رمل مرفوع بالريح في ساعة الرصد.
٠٨	دوامة غبار متطورة جداً في الساعة الماضية.
٠٩	عاصفة ترابية أو عاصفة رملية في مدي الرؤية أو عند المحطة في الساعة الماضية.
١٠	ضباب خفيف.
١١	يقع ضباب ضحل عند المحطة لا يزيد ارتفاعها عن الأرض ٦ قدم.
١٢	تزايد أو تناقص الضباب الضحل عند المحطة لا يزيد ارتفاعها عن الأرض ٦ قدم.
١٣	يرى البرق ولا يسمع صوت الرعد.
١٤	تساقط في مدي الرؤية لكن لا يصل إلي سطح الأرض.
١٥	تساقط في مدي الرؤية يصل إلي سطح الأرض لكن بعيداً من المحطة.
١٦	تساقط في مدي الرؤية يصل إلي سطح الأرض لكن قريباً من المحطة.
١٧	سمع الرعد لكن لا يوجد تساقط عند المحطة.
١٨	عواصف في مدي الرؤية في الساعة الماضية أو ساعة الرصد.



الرقم	مدلول الشفرة
١٩	سحب قمعية في مدي الرؤية في ساعة الرصد.
٢٠	رذاذ (غير متجمد) أو حبيبات تلج لا تسقط كرخات في الساعة السابقة وليس في ساعة الرصد.
٢١	مطر (غير متجمد لا تسقط كرخات) في الساعة السابقة وليس في ساعة الرصد.
٢٢	تلج (لا يسقط كرخات) في الساعة السابقة وليس في ساعة الرصد.
٢٣	مطر وتلج أو كرات جليد (لا يسقط كرخات) في الساعة السابقة وليس في ساعة الرصد.
٢٤	رذاذ متجمد أو مطر متجمد (لا يسقط كرخات) في الساعة السابقة وليس في ساعة الرصد.
٢٥	رخات مطر في الساعة السابقة لكن ليس في ساعة الرصد.
٢٦	رخات تلج أو مطر وتلج في الساعة السابقة لكن ليس في ساعة الرصد.
٢٧	رخات برد أو برد مطر في الساعة السابقة لكن ليس في ساعة الرصد.
٢٨	ضباب في الساعة السابقة لكن ليس في ساعة الرصد.
٢٩	عاصفة رعدية (مع أو بدون تساقط) في الساعة السابقة لكن ليس في ساعة الرصد.
٣٠	عاصفة ترابية أو رملية ضعيفة أو متوسطة تناقصت في الساعة الماضية.
٣١	عاصفة ترابية أو رملية ضعيفة أو متوسطة لم يحدث بها تغير في الساعة الماضية.
٣٢	عاصفة ترابية أو رملية ثابتة ضعيفة أو متوسطة بدأت أو تزايدت في الساعة الماضية.
٣٣	عاصفة ترابية أو رملية قوية بدأت في الضعف في الساعة الماضية.

الرقم	مدلول الشفرة
٣٤	عاصفة ترابية أو رملية قوية لم يحدث بها تغير في الساعة الماضية.
٣٥	عاصفة ترابية أو رملية قوية بدأت أو تزايدت في الساعة الماضية.
٣٦	عاصفة ثلجية خفيفة أو متوسطة منخفضة عموماً.
٣٧	عاصفة ثلجية كثيفة منخفضة عموماً.
٣٨	عاصفة ثلجية خفيفة أو متوسطة مرتفعة عموماً.
٣٩	عاصفة ثلجية شديدة مرتفعة عموماً.
٤٠	ضباب أو ضباب ثلجي يري عن بعد في ساعة الرصد لكنه لم يكن موجود عند محطة الرصد في ساعة الرصد.
٤١	ضباب أو ضباب ثلجي في شكل بقع.
٤٢	ضباب أو ضباب ثلجي تري منه السماء لأنه بدأ يخف في الساعة الماضية.
٤٣	ضباب أو ضباب ثلجي يحجب السماء لكنه بدأ يخف في الساعة الماضية.
٤٤	ضباب أو ضباب ثلجي تري منه السماء ولم يحدث تغير الساعة الماضية.
٤٥	ضباب أو ضباب ثلجي لا تري منه السماء ولم يحدث تغير الساعة الماضية.
٤٦	ضباب أو ضباب ثلجي تري منه السماء وبدأ أوقف سمكه في الساعة الماضية.
٤٧	ضباب أو ضباب ثلجي يحجب السماء وبدأ أوقف سمكه في الساعة الماضية.
٤٨	ضباب حديث التراكم (التكوين) و تري من خلاله السماء.
٤٩	ضباب حديث التراكم (التكوين) ولكنه يحجب السماء.
٥٠	رذاذ متقطع (غير متجمد) خفيف في وقت الرصد.
٥١	رذاذ مستمر (غير متجمد) خفيف في وقت الرصد.

الرقم	مدلول الشفرة
٥٢	رذاذ منقطع (غير متجمد) متوسط في وقت الرصد.
٥٣	رذاذ مستمر (غير متجمد) متوسط في وقت الرصد.
٥٤	رذاذ منقطع (غير متجمد) كثيف في وقت الرصد.
٥٥	رذاذ مستمر (غير متجمد) كثيف في وقت الرصد.
٥٦	رذاذ متجمد نوعاً.
٥٧	رذاذ متجمد متوسط أو كثيف.
٥٨	رذاذ مصحوب بمطر خفيف.
٥٩	رذاذ ومطر معتدل أو كثيف.
٦٠	مطر منقطع (غير متجمد) خفيف ساعة الرصد.
٦١	مطر مستمر (غير متجمد) خفيف ساعة الرصد.
٦٢	مطر منقطع (غير متجمد) متوسط ساعة الرصد.
٦٣	مطر مستمر (غير متجمد) متوسط ساعة الرصد.
٦٤	مطر منقطع (غير متجمد) كثيف ساعة الرصد.
٦٥	مطر مستمر (غير متجمد) كثيف ساعة الرصد.
٦٦	مطر خفيف متجمد.
٦٧	مطر متوسط أو كثيف متجمد.
٦٨	مطر أو رذاذ وتلج، خفيف.
٦٩	مطر أو رذاذ وتلج، متوسط أو كثيف.
٧٠	سقوط ندف تلج منقطع خفيف وقت الرصد.
٧١	سقوط ندف تلج مستمر خفيف وقت الرصد.
٧٢	سقوط ندف تلج منقطع متوسط وقت الرصد.



الرقم	مدلول الشفرة
٧٣	سقوط ندف تلج مستمر ومتوسط وقت الرصد.
٧٤	سقوط ندف تلج متقطع كثيف وقت الرصد.
٧٥	سقوط ندف تلج مستمر وكثيف وقت الرصد.
٧٦	شظايا تلجية (غبار بللوري) منع أو بدون ضباب.
٧٧	حبيبات تلجية مع أو بدون ضباب.
٧٨	بللورات تلجية منفصلة تشبه النجوم مع أو بدون ضباب.
٧٩	كرات تلجية مائعة .
٨٠	رخة/ رخات مطر خفيفة.
٨١	رخة/ رخات مطر متوسطة أو غزيرة.
٨٢	رخة/ رخات مطر عتيفة
٨٣	رخة/ رخات مطر مختلط بالثلج خفيفة.
٨٤	رخة/ رخات مطر مختلط بالثلج متوسطة أو غزيرة.
٨٥	رخة/ رخات تلج خفيفة.
٨٦	رخة/ رخات كرات تلجية متوسطة أو غزيرة.
٨٧	رخة/ رخات كرات تلجية أو برد صغير خفيفة.
٨٨	رخة/ رخات كرات تلجية متوسطة أو غزيرة أو كرات جليد مع أو بدون مطر أو مطر مختلط بثلج.
٨٩	رخة/ رخات برد مع أو بدون مطر أو مطر مختلط بثلج غير مرتبطة بالبرد .

الرقم	مدلول الشفرة
٩٠	رخات برد متوسطة أو شديدة مع أ بدون مطر ومختلطة بثلج غير مرتبطة برعد.
٩١	مطر في ساعة الرصد وعاصفة رعدية في الساعة السابقة ولكن ليس في ساعة الرصد.
٩٢	مطر قليل أو غزير في ساعة الرصد وعاصفة رعدية في الساعة السابقة ولكن ليس في ساعة الرصد.
٩٣	ثلج قليل أو مطر مختلط بثلج أو برد في ساعة الرصد وعاصفة رعدية في الساعة السابقة ولكن ليس في ساعة الرصد.
٩٤	ثلج متوسط أو مطر مختلط بثلج أو برد في ساعة الرصد وعاصفة رعدية في الساعة السابقة ولكن ليس في ساعة الرصد.
٩٥	عاصفة رعدية متوسطة لا يسقط بها برد ولكنها مصحوبة بسقوط مطر و/أو ثلج في ساعة الرصد.
٩٦	عاصفة رعدية متوسطة مع سقوط قليل من البرد ساعة الرصد.
٩٧	عاصفة رعدية متوسطة لا تسقط برداً ولكنها مصحوبة بمطر و/أو ثلج في ساعة الرصد.
٩٨	عاصفة رعدية مصحوبة بعاصفة ترابية ساعة الرصد.
٩٩	عاصفة رعدية شديدة مع سقوط برد ساعة الرصد.

## خرائط الطقس العليا

### Upper Weather Maps

إننا في خرائط الطقس في طبقات الجو العليا لا نحتاج كل عناصر الطقس سالفة الذكر في خرائط الطقس السطحية ، والتي نعرفنا على الشفرات الممثلة لكل منها على خرائط الطقس السطحية ، بينما لا نحتاج إلا لأربعة عناصر في خرائط الطقس العليا هي :

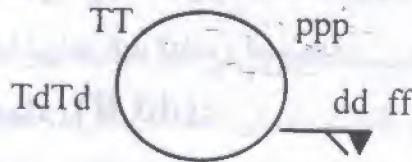
١- درجة الحرارة ( TT ) .

٢- نقطة الندى ( TdTd ) .

٣- اتجاه وسرعة الرياح ( ddff ) .

٤- الضغط الجوي ( ppp ) .

ويوضح الشكل رقم ( ٥٧ ) نموذج محطة جوية في خرائط الطقس العليا وكيفية تمثيل فيه العناصر منها على النحو التالي :



الشكل رقم ( ٥٧ ) نموذج لمحطة جوية في خرائط الطقس العليا .



### ١- درجة الحرارة : (TT).

تعامل درجة الحرارة في خرائط الطقس العليا نفس المعاملة لدرجة الحرارة في خرائط الطقس السطحية ، أى أنه إذا زادت درجة الحرارة عن  $50^{\circ}$  مئوية ، فإننا نقوم بطرح  $50^{\circ}$  منها ويكتب الرقم الباقي بالسالب ، أما إذا قلت درجة الحرارة عن  $50^{\circ}$  مئوية فإنها تسجل كما هي فإذا سجلت درجة الحرارة في المحطة  $TT = 56^{\circ}$  ، فمعنى ذلك أن درجة الحرارة في هذه المحطة تساوى  $- 6^{\circ}$  مئوية أما إذا سجلت درجة الحرارة  $TT = 32^{\circ}$  مئوية فمعنى ذلك أن درجة الحرارة في هذه المحطة  $= 32^{\circ}$  مئوية .

### ٢- نقطة الندى : (Td Td)

وتعنى درجة حرارة الهواء الذى يتغير عندها بخار الماء من الحالة الغازية إلى الحالة السائلة في شكل قطرات من الماء عند سقوط المطر إذا كانت درجة الحرارة فوق الصفر المئوى بقليل ، أو في شكل حبيبات ثلجية إذا كانت درجة الحرارة دون الصفر المئوى بقليل ، أى أنها النقطة التى يحدث عندها التكاثف ، وعندها تسمى درجة الحرارة بنقطة الندى ، وتعامل في خرائط الطقس العليا نفس معاملتها في خرائط الطقس السطحية .

### ٣- اتجاه وسرعة الرياح : (dd ff).

تتم معاملة اتجاه وسرعة الرياح في خرائط الطقس العليا أيضاً نفس معاملتها في خرائط الطقس السطحية ، ولكنهما يختلفان عن بعضهما في أن الرياح في طبقات الجو العليا أسرع بكثير من مثيلاتها من الرياح السطحية

الممثلة في خرائط الطقس السطحية ومن ثم إذا زادت سرعة الرياح عن ٢٥ عقدة في الساعة ، فإنه يتم تمثيلها على خرائط الطقس العليا :

الخمسین عقدة الأولى تمثل بمثلث صغير —▲— ٥٠ عقدة .

العشرة عقدة بعد الخمسين تمثل بسهم كامل —┐— ١٠ عقدة .

وأقل من عشرة عقدة تمثل بسهم ناقص أو نصف سهم —┐—

فمثلاً لو كانت سرعة الرياح ٦٥ عقدة فإنها تمثل كما يلي في الرسم

التالى :



محطة الرصد

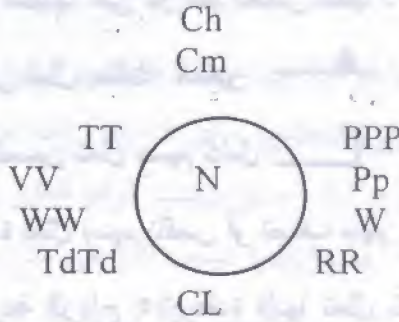
الشكل رقم ( ٥٨ ) سرعة واتجاه الرياح

#### ٤- الضغط الجوى : (ppp)

يظهر ارتفاع الضغط الجوى في خرائط الطقس العلوى ممثلاً بالمتراً، على أن تكتب الأرقام الثلاث الأولى فقط من الرقم، معنى ذلك أنه إذا سجل ارتفاع الضغط الجوى في محطة ما على أنه  $PPP = 558$ ، فإن ذلك يعنى أن ارتفاع الضغط في هذه المحطة = ١,٥٥٨ متر أو ما يعادل حوالى ٨٥٠ ملليبار

نموذج لمحطة أرصاد جوية سطحية

Surface Synoptic Station



شكل رقم ( ٥٩ )

نموذج لمحطة أرصاد جوية سطحية

الرموز المستخدمة لتوقع على محطات الرصد السطحية وهي رموز ثابتة

من حيث المكان في جميع أنحاء العالم :

١- ما يحجب من السماء بالسحاب : ويرمز له بالحرف : ( N )

٢- درجة الحرارة المثوية : ورمزها : ( TT )

٣- درجة الرؤية : ورمزها : ( VV )

٤- الطقس الحاضر : ورمزه : ( WW )

٥- نقطة الندى ورمزها : ( TdTd )

٦- أنواع السحب :

أ- سحب عالية : ورمزها : ( Ch )

ب- سحب متوسطة ورمزها : ( Cm )

ج- سحب منخفضة ورمزها : ( CL )



٧- التساقط خلال الـ ٦ ساعات السابقة ورمزها : ( RR )

٨- الطقس الماضي ورمزه : ( W )

٩- التغير في الضغط الجوى خلال الساعات الثلاث السابقة ورمزه : (pp)

١٠- الضغط الجوى عند مستوى سطح البحر : ورمزه (PPP).

ومعنى أن هذه الأرقام ثابتة من حيث المكان أى أنها توقع في نفس الأماكن على الدائرة التى تمثل محطة الرصد في أى جزء من العالم كما في نموذج المحطة في الشكل رقم (٥٩) الذى يمثل محطة أرضية موقع عليها كل العناصر العشرة السابقة ، هذا بالإضافة إلى الرمز الذى يمثل سرعة الرياح (  $dd = Wind$  direction ) وهو ( FF ) ورمز اتجاه الرياح (  $dd = Wind$  direction ) ، وهما لا يوقعان في مكان ثابت حول الدائرة الممثلة للمحطة ، وذلك لأن الرياح تختلف من حيث السرعة والاتجاه من محطة إلى أخرى ومن وقت لآخر في نفس المحطة .

وفيما يلي استعراض للعناصر العشرة السابقة وطريقة توقيها على فرائط الطقس حول كل محطة من المحطات :

١- ما يجحب من السماء بالسحاب : ( N )

سبق أن استعرضنا طرق قياس كمية السحاب سواء بالطريقة القديمة أو الطريقة الحديثة ، ويتم توقع كمية السحب على خرائط الطقس في داخل دائرة لمحطة كما سبق توضيحه في شكل ( ٥٩ ) .

## ٢- درجة الحرارة (م °) : Temperature

ويستخدم لتسجيل درجة الحرارة على دائرة محطة الأرصاد الحروف (TT) ، ويتم تسجيل درجة الحرارة في الهواء لأقرب درجة حرارة مئوية مثال ذلك  $TT = 05$  ، أى أن درجة الحرارة في هذه المحطة تساوى ٥ درجات مئوية ، وإذا كانت درجات الحرارة بالسالب فإنه يضاف الرقم ٥٠ إلى الرقم الأصلي ، فإذا كانت درجة الحرارة المسجلة -٥٠ مئوية فإنها تكتب على النحو التالى  $TT = 60$  ، وهى بذلك لا تعنى أنها ٦٠ ° مئوية حيث أن هذه الدرجة غير معقولة ومستحيل أن يتم تسجيلها ، وتوقع درجة الحرارة هنا على يسار الدائرة من أعلى ، كما هو واضح من الشكل رقم (٥٩) .

## ٣- الرؤية : Visibility

وتمثل على خرائط الطقس السطحية بالحروف (V V) على يسار المحطة في الوسط ، وهى تسجل على أساس الكود العالمى الذى تم وضعه أساساً لمقياس مدى الرؤية بالكيلو متر ، فالأرقام من ١ : ٥٠ تعطى الرؤية مباشرة في وحدات عشرية (١/١٠) بالكيلو مترات مثال ذلك إذا سجلت الرؤية في محطة ما (  $VV = 27$  ) ، فمعنى ذلك أن الرؤية في هذه المحطة تساوى ٢,٧ كم . أما إذا زادت الرؤية عن ٥٠ وحتى ٨٠ كم فإنها يتم تمثيلها بالكيلو متر الصحيح لما يزيد عن ٥ كيلو متر : مثال إذا كانت الرؤية في إحدى المحطات هى ٦٢ كيلو متر مثلاً معنى ذلك أن الرؤية تكتب ١٢ كيلو متر ، أما إذا زادت الرؤية عن ٨٠ كيلو متر فإن الزيادة تمثل بالخامسة كيلو مترات وهذا مستحيل لأن الرؤية لا تزيد عن ٨٠ كيلو متر أبداً .

#### ٤- الطقس الحاضر : Present Weather

يسجل الطقس الحاضر على خرائط الطقس السطحية بالحروف (WW) على يسار وسط الدائرة الممثلة للمحطة بجوار الرؤية ، وهي عبارة أرقام تمتد من (٠ - ٩٩) ولكل رقم من هذه الأرقام رمز خاص تم استخدامها عند استعراض عناصر الطقس في الخرائط السطحية، ويبدل كل رقم من هذه الأرقام على حالة الجو في الوقت الراهن، وقد تم استعراضها في الجداول عند استعراض عناصر الطقس في خرائط الطقس السطحية .

#### ٥- نقطة الندى : Dew Point

وتسجل على خرائط الطقس السطحية بالحروف (Td Td) وتوضع في الطرف الجنوبي الغربي من الدائرة الممثلة للمحطة ، وتعامل مثل معامل درجة لحرارة أعلاه.

#### ٦- أنواع السحب : Cloud Types

تنقسم السحب إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي :

أ- سحب عالية : High cloud Types ويرمز لها بالحروف (CH) وتوقع هذه السحب في الناحية الشمالية من دائرة المحطة بالرموز التي ذكرت من قبل .

#### ب- سحب متوسطة : Medium Cloud Types

ويرمز لها بالحروف (Cm) وتسجل هي الأخرى في الناحية الشمالية أسفل السحب العالية ، ولها هي الأخرى عدد من الرموز سبق ذكرها .



### ج- سحب منخفضة : - Low Cloud Types

ويرمز لها بالحروف (CL) وتوقع جنوب محطة الرصد ، ويستخدم لذلك عدد من الرموز تم ذكرها من قبل .

### ٧ - التساقط خلال الست ساعات السابقة على الرصد :

#### Precipitation Amount in Last 6 hours :

ويستخدم فيه الكود (RR) وهوفي صورة رقمية ، حيث يتم اعطاء الرقم في صورة كسر عشري (١٠/١) بوصة، أى أن الأرقام تقيس كمية المطر التي سقطت خلال الست ساعات السابقة لفترة الرصد بالبوصة ، فإذا سجلت الكمية بجانب رقم الكود على النحو التالي 42 : RR. فإن معنى ذلك أن كمية المطر تساوى ٤,٢ بوصة وهكذا يتم وضع هذا الكود وكمية المطر في الجنوب الشرقي من يمين المحطة ، كما هو الحال في الشكل رقم ( ٥٩ ) .

### ٨ - الطقس الماضى : Past Weather

تصدر خرائط الطقس أربع مرات يومياً خلال منتصف الليل والساعة السادسة صباحاً والساعة الثانية عشر ظهراً والساعة السادسة مساءً بتوقيت جرينتش ، وبما أن اليوم ٢٤ ساعة فمعنى ذلك أن الفترة تعنى ٦ ساعات ، وبالتالي فإن الفترة السابقة للرصد تعنى ٦ ساعات، ويمثل الطقس الماضى بالكود (W) ، ويستخدم معه عدة رموز مختلفة تظهر مع الكود السابق على يمين المحطة، والشكل رقم (٦٠) يوضح الرموز والمدلولات الخاصة بالطقس الماضى .

الرمز	الدلالة
○	السما صافية ولم تتطور السحب في الساعة السابقة.
○	تتبدد السحب أو تصبح أقل تطوراً في الساعة السابقة.
○	لم تتغير حالة السماء علي العموم في الساعة السابقة.
○	تكونت السحب أو تطورت عموماً في الساعة السابقة.
⊖	دوامات غبار متطورة جداً في الساعة السابقة.
(S)	عواصف رملية أو ترابية في مدي الرؤية أو عند المحطة في الساعة السابقة.
≡	ضباب في الساعة السابقة وليس في أثناء الرصد.
⌈	عاصفة رعدية مع أو بدون تساقط في الساعة السابقة وليس في أثناء الرصد.
⌈	مطر في ساعة الرصد وعاصفة رعدية في الساعة السابقة ولكن ليس في ساعة الرصد.
⌈*	ثلج متوسط أو مطر مختلط بثلج أو برد في ساعة الرصد وعاصفة رعدية في الساعة السابقة ولكن ليس في ساعة الرصد.

الشكل رقم (٦٠) شفرات الطقس الماضي

٩- التغيرات في الضغط الجوي خلال الثلاث ساعات السابقة على ساعة

### الرصد : Pressure Change in Past 3 hours

ويستخدم للدلالة على هذه التغيرات في الضغط الكود (PP) ويوضع على يمين الدائرة الممثلة للمحطة في ناحية شرق الشمال الشرقي أسفل كود الضغط عند مستوى سطح البحر ، ويمثل هذا الكود التغير في الضغط في الثلاث ساعات السابقة على فترة الرصد والضغط الحالي، ويسجل ذلك بعشر (١/١٠) ملليبار، مثال ذلك إذا كان الفرق بين الضغط الجوي الحالي والضغط الجوي السابق في الثلاث ساعات السابقة لفترة الرصد  $PP = 20 \text{ mb}$  فإنه يوقع على أساس أنه  $20 \text{ mb}$  ، وقد سبق ذكر شفرات الضغط .

### ١٠- الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر: Sea Level Pressure

ويستخدم الكود (PPP) للدلالة على الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر ، وعادة يسجل الضغط الجوي بذكر الأرقام الثلاث الأولى ، مثال إذا كان الضغط في المحطة يساوي  $ppp = 119$  فإن معنى أن الضغط الجوي الحقيقي في المحطة  $= 1011,9$  ملليبار ، وبما أنه من الناحية الفعلية فإن معدل الضغط الجوي يتراوح بين  $960 - 1050$  ملليبار. نتيجة لذلك لا يوجد أية شك في سهولة تقدير الرقم الحقيقي للضغط الجوي، فمثلاً إذا كان الضغط المسجل في محطة ما  $ppp = 916$  فإن معنى ذلك أن الضغط في هذه المحطة  $991,6$  ملليبار وليس  $1091,6$  ملليبار لأنه من المستحيل تسجيل هذا الضغط الأخير، هذا من العناصر التي تسجل على دائرة محطة الرصد في أماكن ثابتة ، ويوجد



إلى جانب هذه العناصر عنصران آخران يتغير موقعهما على حسب اتجاه كل منهما وهما اتجاه وسرعة الرياح والجبهات :

#### ١١- اتجاه وسرعة الرياح : Wind direction and wind force

يشير اتجاه الرياح إلى الجهة التي تهب منها الرياح على المحطة التي تتم فيها الرصد؛ وتسجل إلى أقرب عشر درجات ومقاسة من الشمال الحقيقي في اتجاه عقارب الساعة. أما سرعة الرياح فنقاس بالعقدة Knots (العقدة = ١,٦ ميل أو ١٨٥٠ متراً أو ١,٨ كيلو متر) وتبين سرعة الرياح بواسطة أسهم من الجهة التي تهب منها الرياح ، يمثل السهم الطويل (١٠) عقده والسهم القصير (٥) عقده ، مثال ذلك إذا سجلت محطة ما أن سرعة الرياح واتجاهها ٢٣ ٣٤ = dd ff معنى ذلك أن اتجاه الرياح في جنوب غرب المحطة بزاوية قدرها ٢٣٠ وبسرعة ٣٤ عقدة في الساعة وتوقع على المحطة في كما الشكل التالي :



الشكل رقم (٦١)

#### ١٢- الجبهات : Fronts

وتظهر أيضاً في خرائط الطقس السطحية مجموعة من الرموز التي تبين الجبهات المختلفة وتظهر في شكل مجموعة من الشفرات سبق ذكرها ، وتوضع هذه الشفرات على حسب نوع الجبهة التي تمثلها.

الفصل الخامس

# الخريطة المناخية

## The Climatological Maps

## الفصل الخامس

### الخرائط المناخية

#### The Climatological Maps

تشمل خرائط المناخ الصورة التفصيلية للأحوال في منطقة من مناطق العالم المختلفة ، وعادة ما تضم كل خريطة عنصراً مناخياً واحداً وتشمل في بعض الأحيان عنصرين مناخيين يرتبط كل منهما بالآخر مثل الضغط الجوي والرياح أو الرياح والأمطار . ولأن خرائط المناخ نوع من خرائط التوزيعات فإنها تدخل ضمن ميدان علم الجغرافيا ، والذي كثيراً ما نعرفه باسم علم التوزيعات .

وحتى لو اتخذنا لعلم الجغرافيا تعريف آخر ، فإننا نجد أن الخرائط المناخية جزء لا ينفصل عن هذا العلم ، فلو قلنا أن علم الجغرافيا هو علم دراسة ظواهر سطح الأرض، نجد أن خرائط المناخ تعطينا وصفاً تفصيلاً مهم لنواحي من هذه الظواهر لأن للمناخ تأثير كبير على تضاريس سطح الأرض .

أما إذا كانت الجغرافيا هي العلم الذي يدرس نواحي التشابه والاختلاف بين أقاليم العالم المختلفة فإن خرائط المناخ تساعد دارس هذا العلم في فهم كثير من هذه النواحي لما للمناخ من تأثير في خلق التشابه



والاختلاف على حسب تشابه الظروف المناخية أو اختلافها ، أما إذا كان الهدف النهائى للجغرافيا هو الدراسة الإقليمية من حيث تقسيم سطح الأرض إلى أقاليم متشابهة في كثير من خصائصها ، فإن كل إقليم يشتمل على بعض الخصائص الطبيعية والبشرية ، والتي لا يمكن الفصل بينها وبين المناخ وبالتالي لابد من تمثيلها على خرائط المناخ ، وحيث أن التضاريس كما سبق القول ترتبط بالمناخ، بل إن النباتات انعكاس الأحوال المناخية ، وبناءاً على الحياة النباتية تتوقف الحياة الحيوانية ، بل إن المناخ هو الذى يحدد وجود الإنسان من عدمه في إقليم ما ومدى كثافة توزيعه .

ومن أقدم الأطالس المناخية التى رسمت للعالم في العصر الحديث الأطلس المناخى الذى رسمه الكارتوجرافى الألمانى " بيرج هاوس " Berghous " في عام ١٨٣٨ ، ثم الأطلس المناخى الذى رسمه دياز في عام ١٨٩٩ ، أما أفضل الأطالس المناخية في الوقت الحاضر ذلك الأطلس الذى رسمه كل من كوبن - جيكر Geiger&Koppen والذي يعرف باسم " Hand Book der Climatological Maps " والذي يتألف من خمسة أجزاء ويعتبر هو أنق الأطالس المناخية الحديثة .

ويمكن تقسيم الخرائط والرسوم المناخية إلى قسمين رئيسيين هما:

#### ١- الخرائط المناخية : وهى التى تهتم بتوزيع العناصر

المناخية المختلفة فوق سطح الأرض ، وعليه فإنها تعطى صورة وصفية دقيقة لحالة الجو العامة. وتتمثل هذه الخرائط في خرائط الحرارة ،

وخرائط الضغط والرياح والمطر ، وأفضل الطرق المستخدمة في تمثيل العناصر المناخية في هذه الأنواع من الخرائط هي طريقة الخطوط المتساوية مثل خرائط خطوط الحرارة المتساوية ، وخرائط الشذوذ الحراري ، وخرائط المدى اليومي والسنوي للحرارة وخرائط خطوط الضغط المتساوي وخرائط توزيع السحب ، وخرائط خطوط المطر المتساوي وغيرها، وتسمى أحيانا بخرائط خطوط القيم المتساوية ، ويتم توزيع هذه الظاهرات والعناصر المناخية في هذه الخرائط توزيعاً مكانياً سليماً إلى حد كبير.

## ٢ - الرسوم البيانية البحتة :

ومن أمثلتها رسوم الخطوط البيانية والأعمدة ووردات الرياح وغيرها من الرسوم التي ترسم مستقلة ولا توقع على الخرائط ، ولكنها تستخدم في تمثيل العناصر المناخية السابق ذكرها. هذا إلى جانب أن هناك استخدام آخر للرسوم البيانية ولكنها توقع على الخرائط ، وبالتالي فإنها خرائط تضم داخلها رسوم بيانية عادة تشغل هذه الرسوم حيزاً كبيراً من الخرائط وقد تكون مرسومة خارج أماكن تواجد قيمتها الفعلية .

وفيما يلي سوف نعرض لهذين القسمين بشيء من التفصيل:

## أولاً : الخرائط المناخية

### The Climatological Maps

وتتناول هذه الخرائط توزيع العناصر المناخية والظواهر المرتبطة بها توزيعاً مكانياً دقيقاً إلى حد كبير وأهم عناصر المناخ هي الحرارة، وما يرتبط به من حالة الضغط الجوي، وما يرتبط به من حركة الهواء السطحي على سطح الأرض والمعروف باسم الرياح والمطر، ولكن أهمها الحرارة وبالتالي بدأ بدراسة خرائط الحرارة.

#### أولاً : خرائط الحرارة

ونبدأ أولاً بدراسة المتوسطات اليومية والشهرية والسنوية لدرجات الحرارة على النحو التالي :

ونبدأ أولاً بدراسة المتوسطات اليومية والشهرية والسنوية لدرجات الحرارة على النحو التالي :

#### ١- المتوسط اليومي لدرجة الحرارة: Daily Mean Temperature

ويتم حساب المتوسط اليومي لدرجة الحرارة من خلال ثلاث قراءات للترمومتر أثناء اليوم ، الأولى في الساعة السابعة صباحاً والثانية بعد الظهر والثالثة في التاسعة مساءً ويتم حساب المتوسط على أساس جمع هذه القراءات الثلاثة وقسمتها على ثلاثة ، فلو كانت درجة الحرارة الأولى  $6^{\circ}$  مئوية والثانية  $16^{\circ}$  مئوية والثالثة  $11^{\circ}$  مئوية فإن متوسط درجة حرارة هذا اليوم هي :



$$\text{متوسط درجة الحرارة} = \frac{6+16+11+}{3} = \frac{33}{3} = 11 = \text{درجة مئوية.}$$

أما إذا كانت القراءة رباعية أى تتم أربع مرات في اليوم الواحد (٢٤ ساعة) أى أن الفاصل الزمنى بين كل قراءة والتي تليها تساوى ٦ ساعات، فكانت القراءة الأولى في الساعة السادسة صباحاً وبلغت ٩ ° مئوية، والثانية في الثانية عشر ظهراً وكانت ١٥ ° مئوية والثالثة في الساعة السادسة مساءً وكانت ١٧ ° مئوية والرابعة والأخير كانت في الساعة الثانية عشر في منتصف الليل وكانت ١٢ ° مئوية ، فإن متوسط درجة الحرارة خلال اليوم تحسب على أساس أن تجمع القراءات الأربع ونقسم على ٤ كما يلي :

$$\text{متوسط درجة الحرارة} = 13 =$$

$$\text{درجة مئوية.} \quad \frac{9+15+17+12}{4} = \frac{52}{4}$$

ويمكن حساب متوسط درجة حرارة اليوم على أساس استخدام درجة الحرارة العظمى ودرجة الحرارة الصغرى وجمعهما وقسمتهما على ٢ كما يلي :

$$\text{متوسط درجة حرارة اليوم} = 19 = \frac{26+12}{2} = \frac{38}{2} \text{ درجة مئوية.}$$

٢- المتوسط الشهري لدرجة الحرارة:

Monthly Mean Temperature

ويتم حساب هذا المتوسط الشهري لدرجة الحرارة من خلال المتوسطات اليومية السابقة ، وذلك بجمع المتوسطات اليومية لأيام الشهر وقسمتها على عدد أيام الشهر وذلك من خلال المعادلة التالية :

$$\frac{\text{مجموع المتوسطات اليومية لأيام الشهر}}{\text{المتوسط الشهري لشهر يناير}} = \frac{\text{عدد أيام شهر يناير وعددها ٣١ يوماً}}{\text{ويتم عمل ذلك مع باقى الشهور على حسب عدد أيام كل شهر على حدة.}}$$

### ٣- المتوسط السنوى : Annual Mean

ويتم حسابه من جمع متوسطات كل شهور السنة وقسمة الناتج على ١٢ عدد شهور السنة ، وذلك من خلال المعادلة التالية :

$$\frac{\text{مجموع المتوسطات الشهرية}}{\text{المتوسط السنوى}} =$$

١٢

وهذه الطريقة لا تتوفر لها الدقة التامة فى حساب المتوسط السنوى، وذلك لعدم تساوى شهور السنة فى عدد أيام كل شهر منها مع الآخر فمثلا فبراير ٢٨ يوما ومارس ٣١ ، وابريل ٣٠ يوماً وهكذا ، ويعتبر المتوسط السنوى للحرارة أقل المتوسطات الحرارية أهمية فى الدراسة المناخية ، وإن كانت له أهمية خاصة فى معرفة الاتجاه العام للحرارة فى أية منطقة على المدى الطويل . وإلى جانب المتوسطات الحرارية سواء كانت يومية

أو شهرية أو سنوية توجد جوانب أخرى تتعلق بدرجات الحرارة اليومية والشهرية والسنوية وهى المدى نتناولها كما يلى :

### ١- المدى اليومى : Daily range

وهو عبارة عن الفرق بين أعلى درجة حرارة تم تسجيلها وأقل درجة حرارة تم تسجيلها كذلك، أى الفرق بين النهاية العظمى والصغرى لدرجة الحرارة فمثلاً  $25^{\circ} - 11^{\circ} = 14^{\circ}$  مجموع المتوسطات الشهرية مجموع المتوسطات الشهرية مئوية.

### ٢- المدى الشهرى : Monthly range

ويتم الحصول عليه من خلال حساب الفرق بين أعلى درجة حرارة تم تسجيلها فى الشهر وأقل درجة حرارة سجلت فى نفس الشهر فمثلاً  $18^{\circ} - 6^{\circ} = 12^{\circ}$  مئوية .

### ٣- المدى السنوى : Annual range

ويمثل الفرق بين أعلى درجة حرارة تم تسجيلها خلال السنة وأقل درجة حرارة سجلت فى نفس السنة مثلاً  $38^{\circ} - 5^{\circ} = 33^{\circ}$  مئوية .  
وتتمثل أهم الخرائط المناخية التى تتناول الحرارة فى أربعة أنواع هى :

#### ١- خرائط خطوط الحرارة المتساوية : Isotherms

#### ٢- خرائط خطوط الشذوذ الحرارى المتساوى : Isanomalous lines



٣- خرائط خطوط المدى الحرارى المتساوى :

## Temperature Range lines

٤- خرائط خطوط تساوى الحرارة المتجمعة :

## Accumulated Temperature

أولاً : خرائط خطوط الحرارة المتساوية : Isotherms

تتوزع درجات الحرارة سواء كانت معدلات شهرية أو سنوية أو معدلات النهاية العظمى أو الصغرى .. الخ بطريقة خطوط التساوى المعروفة فترسم خطوط الحرارة المتساوية على أساس أن كل خط من الخطوط يمر بالمناطق أو المحطات التى تتساوى فى درجة الحرارة ، وبالتالي يمكن رسم خرائط تمثل الشتاء فى شهر يناير (الشكل رقم ٦٢) ، وأخرى تمثل الصيف ترسم فى شهر يوليو (الشكل رقم ٦٣) ، ولإنشاء خريطة توضح درجات الحرارة سواء كانت لدولة ما أو لقارة أو للعالم ، فلا بد من وجود أكبر عدد ممكن من محطات تسجيل درجات الحرارة ، وكذلك أكبر عدد من التسجيلات فى كل محطة من المحطات ، ثم توقع هذه المحطات على خريطة صماء ويكتب على كل محطة منها درجة حرارتها ثم يتم التوصيل بين المحطات التى تتساوى فى درجة حرارتها ، وتكتب على هذه الخرائط متوسطات درجات الحرارة فى كل محطة .

ومما تجدر الإشارة اليه أن راسم الخرائط قد يصادف مساحات خالية من المحطات فى بعض اجزاء الخريطة التى ستوزع عليها درجات الحرارة ،





الشكل رقم (٦٣) خطوط الحرارة المتساوية في بوليفيا



كما هو الحال فى بعض المساحات الجبلية فى هضاب جنوب ووسط آسيا، وجبال الهمالايا، أو مثل جزيرة جرينلند أو بعض مساحات من الصحارى الإفريقية الكبرى. ولكن هذه الحالات ليست مشكلة إذ يمكن تركها دون مد الخطوط بها على اعتبار أنها مساحات قليلة الأهمية وخلوها تقريباً من مظاهر النشاط البشرى، فعند إنشاء خريطة درجات الحرارة لمصر يمكن مد خطوط

الحرارة على طول الوادى والدلتا وترك الصحراويين الشرقية والغربية وكذلك بعض مساحات من سيناء خالية بسبب نقص بيانات الرصد الخاصة بهذه المناطق .

وقد جرت العادة على تعديل درجات الحرارة إلى درجات إفتراضية معدلة إلى مستوى سطح البحر ، فتزاد درجات حرارة المحطات التى تقع على مناسيب مرتفعة عن سطح البحر بمعدل درجة مئوية لكل ١٥٠ متر، إلا أن ذلك يجعل خرائط الحرارة ذات فائدة قليلة فى النواحي التطبيقية إلا أن هناك بعض الخرائط الخاصة بالحرارة ترسم فيها خطوط الحرارة المتساوية الفعلية والتى لا تعدل بالنسبة لسطح البحر ، وهذه الخرائط عادة ما تكون ذات طابع اقليمى أو محلى ويقوم باعدادها باحثين أو هيئات علمية ، والتى تعنى بدراسة منطقة ما دراسة مناخية دقيقة ، وهذه الخرائط بالنسبة للعالم أو القارات أمر صعب إلى حد كبير للاختلافات الكبيرة التى يسببها التباين والتضاريس من جزء لآخر فى العالم بل وفى منطقة واحدة صغيرة ذات فوارق تضاريس كبيرة .

وفى أثناء رسم خرائط الحرارة المتساوية لابد من مراعاة عدة عوامل منها أثر التضاريس أو مظاهر السطح ووجود أودية الأنهار ووجود المدن الكبرى إلى جانب وجود المسطحات المائية وما بها من تيارات مائية وهذه العوامل فى تعديل درجات الحرارة على النحو التالى :

### ١- مظاهر السطح (التضاريس) :

من المعروف أن درجات الحرارة تنخفض بالارتفاع، ولذلك لا يصح إطلاقاً أن يتقاطع خط حرارة مع خط كنتور، وفى بعض الأحيان لا توجد محطات جوية على بعض المرتفعات حتى يمكن الاهتداء بها فى رسم خطوط الحرارة ، إذ نجد أن معظم محطات الرصد فى الأودية والسهول بينما تكاد تخلو الجبال من المحطات.

وفى هذه الحالة يمكن استخدام درجات الحرارة التى يحصل عليها من أجهزة قياس درجات الحرارة فى طبقات الجو العليا مثل الراديو سوند Radiosonde ، أما إذا لم توجد مثل هذه الأرصاد فيمكن استنتاج درجات الحرارة للارتفاعات المختلفة باتباع خطوط الكنتور واستخدام معدل تناقص الحرارة بالارتفاع الخاص بالمنطقة .

### ٢- وجود أودية الأنهار :

إذا افترضنا أن هناك أودية نهريّة لا توجد بها محطات وكانت تلك الأودية ضيقة وتكتنفها جبال أو تلال فإننا نلاحظ أن هذه الأودية ( خاصة فى فصل الشتاء تكون مجمعات الهواء البارد الذى ينزل إلى منها )

المرتفعات المجاورة لذلك تكون درجة حرارتها في الشتاء أقل من الأجزاء المجاورة لها مباشرة قبل أن يزداد الارتفاع بدرجة كبيرة تؤدي إلى انخفاض درجات الحرارة بشكل واضح. أما في فصل الصيف فإن هذه الأودية تكون حرارتها مرتفعة نسبياً بسبب انخفاضها وبسبب عدم حركة الهواء فيها. وعلى كل حال لابد أن تسير خطوط الحرارة المتساوية مع اتجاه الوادي من الجانبين وتفصل بينه وبين الأجزاء المجاورة التي تختلف حرارتها عنها.

### ٣- وجود المدن الكبرى :

يؤدي استخدام أرصاد الحرارة في رسم خرائط الحرارة المتساوية إلى الوقوع في أخطاء واضحة على أساس اقليمي إذ جرت العادة أن تنشأ محطات الأرصاد الجوية في قلب المدن ، ومع نمو المدن وارتفاع المباني فيها تصبح الأرصاد الجوية تعبيراً عن حالة الحرارة في داخل المدينة فقط وليس في الاقليم كله، والسبب في هذا أن ظروف المدينة الكبيرة تؤثر على درجات الحرارة سواء في فصل الصيف أو في الشتاء .

ففي الصيف تصبح درجات الحرارة أعلى من المعدل، وذلك بسبب الاشعاع الحراري الذي تعكسه المباني على أجهزة الرصد فتزيد من درجات الحرارة التي تسجلها تلك الأجهزة. هذا بالإضافة إلى أن وجود المباني العالية تعوق حركة الهواء مما يؤدي إلى رفع درجات الحرارة . أما في فصل الشتاء فإن التدفئة الصناعية التي يستخدمها سكان المدينة تؤدي أيضاً إلى رفع درجات الحرارة التي تسجلها أجهزة الرصد رفعاً



صناعياً، ولذلك تبدو درجة الحرارة في المدينة أعلى من المعدل الحقيقي طول السنة .

فاذا رسمت خرائط حرارة للمنطقة التى تقع بها المدن الكبرى تكون الصورة غير واقعية، لذلك يجب مراعاة هذه الناحية عن طريق تخفيف تأثير درجات الحرارة فى تلك المدن على تعرجات خطوط الحرارة المتساوية أو بالاستغناء عن أرصاد تلك المدن إذا وجدت محطات جوية أخرى قريبة منها. وقد تنبّهت معظم دول العالم لهذه الناحية فقامت بنقل محطات الأرصاد إلى المطارات بدلاً من وسط المدينة حيث توجد المطارات فى أطراف المدن .

#### ٤- وجود المسطحات المائية :

وتتمثل فى البحار والمحيطات والبحيرات ، فمن المعروف أن المسطحات المائية لها أثر فى التقليل من حرارة الصيف ومن برودة الشتاء أما الأنهار كمسطحات مائية فليس لها تأثير يذكر على درجات الحرارة إلا إذا كان اتساعها كبيراً جداً ، أو على هيئة ثنيات متعددة ، ويحدث أحياناً أن يوجد سطح مائى ولا توجد محطات رصد قريبة منه، فعند رسم خرائط الحرارة لمثل هذه الجهات يتم الأخذ فى الحسبان تغير درجة الحرارة بالاقتراب من المسطح المائى.

وخطوط الحرارة ترسم موازية للساحل وليست متعامدة عليه، ويزداد أثر المسطحات المائية على درجات الحرارة إذا كانت الرياح تهب من اليابس فى اتجاه المسطحات المائية فان أثر الأخير يكون طفيفاً أو

معدوماً. هذا إلى جانب تأثير التيارات البحرية، والتي يظهر أثرها بوضوح جدا عند السواحل الغربية لجنوب افريقيا وأمريكا الجنوبية، حيث نجد أن خط الحرارة المتساوى  $20^{\circ}$  مئوية في شهر يناير ويوليو يغير اتجاهه فجأة وينحرف نحو الشمال بسبب تيار بناجويلا البارد في جنوب غرب افريقيا وتيار همبولت البارد في جنوب غرب أمريكا الجنوبية.

وكذلك في النصف الشمالي من المحيط الأطلنطي، تنحرف خطوط الحرارة المتساوية نحو الشمال، في القسم الشرقي من المحيط بتأثير تيار الخليج الدافئ شمال خط عرض  $40^{\circ}$  شمالاً ثم ينحرف نحو الجنوب عند سواحلها الغربية بتأثير تيار ليبرادور البارد، وبسبب تيار كاليفورنيا البارد على الساحل الغربي لأمريكا الشمالية تنحرف خطوط الحرارة بصورة واضحة نحو الجنوب.

**ثانياً: خرائط خطوط الشذوذ الحرارى المتساوى: Isanomalous lines**

وهو توزيع آخر من التوزيعات الحرارية وذلك برسم خطوط حرارية تمر بالمحطات التى تتساوى فى مقدار اختلافها فى درجة الحرارة عند دائرة العرض التى تقع عليها، وبالرغم من أن استعمال هذه الخطوط يكاد يقتصر على توضيح الشذوذ فى المعدلات الشهرية، إلا أنه يمكن استعمالها على نطاق أوسع فى بقية التوزيعات الحرارية وبحسب متوسط حرارة دائرة العرض بحساب متوسط حرارة عدد من المحطات الواقعة عليه على أن تكون هذه المحطات منتشرة على طوله، وكلما كان عددها أكبر كلما كان المتوسط الناتج أكثر دقة.

وتعدل هذه الدرجات قبل حساب المتوسط إلى متوسط سطح البحر. وبعد ذلك نقارن درجة حرارة المحطات والواقعة على هذه الدائرة العرضية بالمتوسط الناتج لهما وبذلك تنتج عندنا أرقام جديدة للمحطات المختلفة، وقد تكون هذه الأرقام بالموجب أو السالب. وبعد ذلك توقع هذه الأرقام فى أماكن المحطات المختلفة على دوائر العرض المختلفة، ويتم التوصيل بين الأرقام المتساوية منها فنتج لنا خطوط للشذوذ الحرارى الموجب Thermopleinos وخطوط أخرى تمر بنقط الشذوذ الحرارى السالب Thermomeions، وعادة ما تمثل الخطوط الأولى باللون الأحمر والخطوط الثانية باللون الأزرق.

ولما كانت هذه الخرائط توضح مناطق الشذوذ فى درجات الحرارة فى منطقة ما عن المتوسط الحرارى العام للمناطق التى تشاركها فى الموقع بالنسبة لدائرة العرض، فإنها تبرز الاختلافات المناخية الإقليمية أوضح مما تبرزه خطوط الحرارة المتساوية العادية، كما أنها تشير إلى مدى تأثير جهات العالم المختلفة بالعوامل المؤثرة فى الحرارة باستثناء عامل الارتفاع عن سطح البحر بشكل أكثر دقة منها بالنسبة لخطوط الحرارة المتساوية، ولكن ليس معنى هذا أنه يمكن الاستغناء بهذه عن تلك، فخطوط الحرارة المتساوية العادية أبسط فى انشائها، كما أنها مصدر الحكم المباشر على حرارة الأجزاء المختلفة من سطح الأرض.

ومن خلال مجموعة من خرائطها يمكن معرفة بيانات تتعلق بالحرارة لا تتوفر معرفتها بخرائط الشذوذ مثل المدى الحرارى العام



لمنطقة ما أو لقارة ما ، هذا إلى جانب المقارنات المباشرة لدرجات الحرارة بين اقليم وآخر أو قارة وأخرى .

ثالثاً: خرائط خطوط المدى الحرارى المتساوى:

### Temperature Range

كثيراً ما تستعمل خطوط التساوى فى توزيع المدى الحرارى، وهناك خطوط المدى الحرارى اليومى وخطوط المدى الحرارى السنوى، وهما أشهر أنواع المدى الحرارى ، والمدى الحرارى عموماً هو الفرق بين معدلى أعلى درجة حرارة وأقل درجة حرارة، فالمدى الحرارى اليومى Daily Range هو الفرق بين معدل النهايتين العظمى والصغرى اليومية. والمدى السنوى Annual Range هو الفرق بين أكبر معدل وأقل معدل شهرى، وفضلاً عن هذا المدى وهو مدى المعدلات هناك خطوط المدى المطلق أو المدى الأقصى. فمثلاً المدى الأقصى هو أكبر فرق تم تسجيله بين درجتى الحرارة العظمى والصغرى فى يوم واحد .

كما يوجد المدى الشهرى والمدى السنوى المطلق أو المدى الأقصى الذى سجل فى شهر ما أو سنة ما ، وقد ترسم خرائط خطوط التساوى للمدى الحرارى من واقع أرقام المعدلات الصحيحة، كما يمكن رسمها بأرقام المدى الفعلية دون تعديل وبخاصة فى حالة الخرائط الاقليمية .

#### رابعاً: خرائط خطوط تساوى الحرارة المتجمعة

##### Accumulated Temperature:

ويقصد بالحرارة المتجمعة ما يزيد على درجة حرارة معينة، عادة هي الدرجة الحدية لإزدهار الغطاء النباتى وهى حوالى  $5^{\circ}$  مئوية أو  $42^{\circ}$  فهرنهايت أو الدرجة الحدية لنمو أنواع نباتية معينة وقد تحسب الحرارة المتجمعة كمعدلات شهرية أو سنوية أو تحسب لشهر بعينه أو سنة بعينها كما قد تحسب لفصل معين من فصول السنة .

وتحسب الدرجات على أساس ما يتجمع فى اليوم الواحد .. فمثلاً لو أن شهر يناير معدل حرارته فى محطة ما  $9^{\circ}$  مئوية، وبفرض أن درجة الحرارة الحدية هى  $5^{\circ}$  مئوية فتكون درجة الحرارة الزائدة هى  $4^{\circ}$  مئوية، وليس معنى ذلك أن شهر يناير يساهم بهذا القدر فقط بل يساهم بـ  $4 \times 31$  يوم =  $124^{\circ}$  مئوية وهى درجة تجميع كل أيام الشهر .

ولهذا فإن الأرقام الخاصة بالحرارة المتجمعة عادة ما تكون كبيرة ولحسن الحظ أن المناطق الحارة والمعتدلة لا يرسم لها مثل هذا النوع من الخرائط، على اعتبار أن حساب الحرارة المتجمعة لهذه المناطق غير ذو أهمية كبيرة فهى بعيدة من الناحية الحرارية عن كونها حدية بسبب البرودة، وإن كانت هذه المناطق تعتبر حدية بصفة عكسية، بحيث لا يمكن لنباتات معينة أن تنمو فيها بسبب ارتفاع الحرارة العامة والمتجمعة على وجه الخصوص .

وترسم خرائط خطوط تساوى الحرارة المتجمعة بنفس الطريقة المعروفة، وقد تظلل نطاقات ما بين الخطوط زيادة فى التوضيح على أن يرسم فى دليل الخريطة نموذج منها والفئات التى تمثلها، ويراعى توضيح ما إذا كانت هذه الحرارة المتجمعة هى نتاج تجميع يوم ما أو شهر ما أو لفصل ما أو لعام ما ، أو أنها معدل التجميع اليومى أو الشهرى .

وتقيد خرائط المدى الحرارى والحرارة المتجمعة فى دراسات جغرافية عديدة ، فمناطق المدى الحرارى الكبيرة عادة تلتفت نظر الجغرافى إلى مناطق التفكك الميكانيكى للصخور، كما أنهما معا يلفتان نظره إلى المناطق الحدية بالنسبة لبعض أصناف الغطاء النباتى، وما يناسب المنطقة من زراعات معينة ويلفتان نظر المخطط العمرانى إلى بعض الأمور فى النواحي السكنية والصناعية .

## ثانياً : خرائط الضغط الجوى

### — خطوط الضغط المتساوى: Isobars

فى الواقع فإن الضغط الجوى عنصر من عناصر المناخ لا يلقى اهتماماً كبيراً فى الدراسات الجغرافية كغيره من العناصر المناخية الأخرى، ولعل هذا يرجع فى المقام الأول إلى أن يكاد يكون أقل العناصر المناخية فى التأثير بصفة مباشرة على الحياة النباتية وفى تشكيل سطح الأرض... الخ. كما أنه العنصر الوحيد الذى لا تكاد تحس به الكائنات الحية ، ومع هذا فلو لم يحدث اختلافات فى ضغط الهواء على سطح الأرض لما نشأت الرياح، ولما ظهرت باقى العناصر المناخية الأخرى



وبالتالى فان دراسة أحوال الضغط تلقى ضوءاً كبيراً على باقى العناصر المناخية خاصة على اتجاهات الرياح وسرعتها وباقى خصائصها .

وانشاء خرائط الضغط الجوى بطريقة الخطوط المتساوية على أساس المعدلات لا يعتبر ذو أهمية كبيرة، ونقل أهمية المعدلات بصفة خاصة فى الدراسات الإقليمية الضيقة إذا قورنت بالدراسات الخاصة بالقارات أو العالم عموماً ، وعلى ذلك فان رسم خرائط لحالات معينة من الضغط من واقع التسجيلات الفعلية فى الأحوال الجوية المختلفة قد تكون أكثر مساهمة فى اعطاء فكرة أدق عن طبيعة حالات الضغط التى تتعرض لها منطقة ما .

وترسم خطوط الضغط المتساوية بنفس الطريقة التى ترسم بها الخطوط المتساوية فبالنسبة لإنشاء خريطة من واقع جدول للتسجيلات الفعلية ( المباشرة ) ، نأتى بخريطة موقع عليها المحطات المختلفة ونكتب على كل محطة درجة الضغط الجوى ، ولكن جرت العادة فى أغلب الأحوال عند رسم خرائط الضغط الجوى خاصة خرائط المعدلات الشهرية أو السنوية للقارات أو للعالم على تعديل درجات هذه المعدلات على النحو التالى :

١- يصحح المعدل إلى ما يمكن أن يكون عليه عند سطح البحر، وذلك بإضافة ١ ملليبار إلى رقم الضغط المسجل لكل ١٠ أمتار فوق سطح البحر .

٢- يجرى تعديل طفيف آخر تبعاً للموقع الفلكي للمحطة، فإذا كانت واقعة عند خط الاستواء يطرح من معدلها ٣ ملليبار، ثم يتدرج هذا الرقم في القلة إلى أن يبقى المعدل كما هو دون تعديل عند دائرتي عرض (٤٥° شمالاً وجنوباً)، ثم يضاف إلى المعدلات من ١ : ٣ ملليبار فيما وراء هاتين الدائرتين وحتى القطبين .

٣- يجرى تعديل على المعدلات بحيث تصبح كما لو كانت درجة حرارة كل المحطات عند الصفر المئوي ، ويرجع هذا إلى محاولة تلاشي أى خطأ فى القياس ينتج عن تمدد حجم البارومتر بازدياد الحرارة فيطرح من كل رقم ١ ملليبار لكل ٦° مئوية ، وعادة ما ترسم مع خطوط الضغط المتساوى أسهم توضح اتجاه الرياح وسوف نشير إلى ذلك فيما بعد ، ذلك لأن الرياح واتجاهاتها مرتبطة دائماً بمناطق الضغط المرتفع والمنخفض .

**ثالثاً: خرائط المطر:** وتنقسم هذه الخرائط إلى أربعة أنواع هي :

#### ١- خرائط كميات المطر الساقطة ومعدلاتها :

تعتبر معدلات المطر الشهرية والسنوية أكثر شيوعاً وأهمية في الدراسات المناخية ، وذلك لأنها أهم في هذه الدراسات من الكميات الساقطة في أيام معينة أو شهور من عام ما ، ويحسب معدل المطر الساقط في شهر ما بطريقة تختلف عن الطريقة التي تحسب بها معدلات الحرارة أو الضغط والرياح .

ولا يجرى على معدلات المطر تعديلات سواء بالنسبة للارتفاع أو الانخفاض عن سطح البحر أو دائرة العرض ، فصحيح أن الأمطار تتزايد بالارتفاع عن سطح البحر ، ولكن ليس قاعدة منتظمة ففي الصحارى الحارة مثلاً لا ترتبط كمية الأمطار الساقطة بالتضاريس بصفة منتظمة ، هذا فضلاً عن المنطقة الجبلية الواحدة تختلف فيها الأمطار الساقطة من قمة جبلية إلى أخرى رغم تساويهما فى الارتفاع، كما تختلف من جانب لآخر فى المنطقة لأسباب عديدة وهكذا .

ولرسم خريطة لخطوط المطر المتساوى لا يتطلب الأمر سوى توقييع الأرقام ( معدلات أو غيره ) فى خريطة مناسبة كل فى مكانه ، ثم يتم التوصيل بين الأرقام التى تتساوى فى معدلاتها بالطريقة المعروفة ، وتظل المناطق بين الخطوط المتساوية أو تلون بعكس الحال فى خرائط الحرارة والضغط التى غالباً ما تترك دون تظليل أو تلوين . وقد تختلف المعدلات من محطة لأخرى تفاوتاً كبيراً رغم وجودها على مسافات قريبة كما هو الحال فى المناطق ذات الفوارق التضاريسية الكبيرة ، ومن ثم فإنه فى مثل هذه الحالات يصعب رسم خرائط المطر بالطريقة السابق ذكرها وإنما يستعان بطرق بيانية أخرى مثل الأعمدة البيانية - كما سنشير إليه فيما بعد .

## ٢- خرائط الأيزومير : Isomers

يقصد بها الخرائط التى يرسم فيها خطوط متساوية تمر بالمحطات التى تتساوى فى النسبة المئوية لمعدل ما يسقط من المطر فى شهر معين،



منسوبة إلى معدل ما يسقط في العام كله، فمثلاً لو أردنا حساب الأرقام التي نرسم بمقتضاها هذه الخطوط بالنسبة لشهر معين فاننا نجرى الآتي بالنسبة لكل محطة :

معدل المطر في شهر ما ( ديسمبر ٤٠ مم )

المعدل السنوى ( ١٢٠ مم )

وبهذا يكون لدينا مجموعة من النسب المئوية كل منها يختص بمحطة من المحطات الموجودة على الخريطة ، ومن ثم يمكن انشاء خريطة الأيزومير لهذا الشهر ، وبنفس الطريقة يمكن رسم خرائط لكل شهور السنة ، وتوضح الخرائط نقطتين رئيسيتين تبعاً لمقياس رسم الخريطة ، فنعطينا هذه الخرائط للوهلة الأولى فكرة عما إذا كانت شهور فصل الشتاء هي الشهور المطيرة أو هي شهور الفصل الحار ، وما إذا كان المطر يشكل قمة واحدة أو له قمتين أم أنه موزع على طول السنة بانتظام ، وتتضح هذه الأمور بصفة خاصة في حالة الخرائط الكبيرة المقياس التي ترسم لمنطقة صغيرة .

وإذا كانت هذه الخرائط صغيرة المقياس وتغطي مساحة كبيرة كجزء كبير من قارة فإنها توضح بصفة اساسية الاختلافات الاقليمية في أجزاء الخريطة ، إذ كثيراً ما توجد اختلافات واضحة من جزء لآخر في نسبة ما يساهم به كل شهر من شهور السنة في معدل المطر السنوى .

ويمكن استخدام خطوط الأيزومير في توضيح جوانب مناخية مماثلة أخرى ، كأن تستخدم في توضيح نسبة ما يساهم به كل شهر من شهور

السنة في معدل الحرارة المتجمعة ، وفيما يساهم به كل شهر في معدل الصقيع إلى غير ذلك مما له أهمية خاصة في ابراز الاختلافات الإقليمية ، وفي أمور التخطيط الزراعي بوجه خاص ومع ذلك فيكاد يقتصر استخدام هذه الخطوط على ما سبق ذكره بالنسبة للمطر .

$$\% 30 = 100 \times$$

### ٣- خرائط معامل المطر :

معامل المطر لشهر ما هو النسبة العادية لما يسقط في هذا الشهر إلى ما يسقط في الشهر الواحد من السنة، لو أن المطر موزع بالتساوي على شهور السنة ، وبعبارة أخرى لو أن معدل سقوط المطر في شهر مارس مثلاً بمحطة ما يبلغ حوالي ٣٠ مم ، ومعدل ما سقط في السنة في هذه المحطة ٣٦٠مم فيكون معامل مطر شهر مارس يساوي (١) وذلك من خلال المعادلة التالية :

$$\text{معامل مطر هذا الشهر} = \frac{\text{كمية المطر الفعلية في هذا الشهر}}{\text{المعدل الافتراضي للشهر}} = \frac{30}{360} = 1$$

ولرسم خريطة لمعامل المطر في أحد الشهور نحسب هذا المعامل لكل المحطات الموجودة في الخريطة في هذا الشهر ، ثم نقوم بإنشاء خطوط التساوي ، ومما يجدر ذكره أن هذه الطريقة لا تختلف كثيراً عما توضحه خطوط الأيزومير السابق الإشارة إليها ، والتي تمثل نصيب كل شهر من المطر الساقط سنوياً محسوباً بالنسبة المئوية ، وتوضح هذه الخطوط معدل المطر الساقط فعلياً في شهر ما ، بينما توضح خرائط

معامل المطر (معدل المطر) الساقط فعلياً في شهر ما منسوبة إلى ما يسقط نظرياً في شهر واحد من السنة ، فتكون ارقام الخطوط مثلاً ٠,٤ ، ٠,٦ ، ٠,٨ ، ١,٠ ، ١,٢ إلى آخره ، وإن كان هذا ليس معناه عدم امكان رسم خطوط تساوى معامل المطر بنسب مئوية، إذ من الممكن تحويل أى نسبة عالية إلى نسب مئوية فالأرقام السابقة ممكن أن تحول إلى ٤٠٪ - ٦٠٪ - ٨٠٪ - ١٠٠٪ - ١٢٠٪ .... إلخ.

#### ٤ - خرائط تذبذب المطر :

تختلف العناصر المناخية في قياساتها الفعلية عن المعدلات فمن المعروف أن المعدل العام للحرارة أو المطر أو الرياح إلى آخره بالنسبة لشهر معين في محطة ما لا يعنى أنه يتساوى تماماً مع هذا المعدل في المحطة ذاتها وفي هذا الشهر من كل سنة على حدة ، فبالرغم من وجود فصول مناخية في العالم متفق عليها وعلى الخصائص العامة لكل فصل بل والخصائص المناخية لكل شهر من شهور السنة ، ويمكننا أن نميزها وننتبأ بها خاصة في مصر .

ولكن قد يأتى عام تسجل فيه درجات حرارة في يوليو أقل مما يسجل في يونيو مثلاً أو تسقط أمطار غزيرة قد تزيد عما يسقط في شهر أو أكثر من الشهور المطيرة . وهذا التذبذب في المناخ له أهمية كبيرة في الدراسات المناخية ، وفي أمور التخطيط الزراعي وصيانة التربة والمرافق إلى آخره ، وقد لا نكون مبالغين إذا قلنا أن العالم العربى من أوضح جهات العالم تذبذباً في المناخ خاصة في المطر والرياح ، ويظهر



التذبذب واضحاً في بعض أطراف المنطقة في عنصر الحرارة ، ولحساب مقدار أو نسبة التذبذب يتم ذلك على النحو التالي :

١- يحسب أولاً معدل المطر بقسمة مجموع كمية المطر على عدد السنوات .

٢- يحسب اختلاف كل سنة عن المعدل وهو الفرق بين المعدل وكمية المطر في السنة .

٣- تأتي بمتوسط الاختلاف بقسمة مجموعه بصرف النظر عن الإشارة إلى عدد السنوات .

٤- ثم يتم حساب النسب المئوية للتذبذب وهي متوسط الاختلاف مقسومة على المعدل مضروبة  $\times 100$  .

مثال :

السنوات	كمية المطر	المعدل	الاختلافات
١٩٩٠	١٢٠	١٠٠	٢٠
١٩٩١	٨٠	١٠٠	٢٠
١٩٩٢	١٥٠	١٠٠	٥٠
١٩٩٣	١٠٠	١٠٠	—
١٩٩٤	٥٠	١٠٠	٥٠
	٥٠٠		١٤٠

$$\therefore \text{معدل المطر} = \frac{500}{5} = 100 \text{ ملليمتر}$$

$$\text{ومعدل الاختلاف} = \frac{140}{28} = 5$$

$$\% 28 = \frac{100 \times 28}{100} = \text{نسبة التذبذب}$$

ثم نبدأ برسم خطوط تساوى تمر بالمحطات التى تتساوى فى نسبة تذبذبها ، وإذا كان عدد السنوات كبيرة (٣٥ سنة) تسمى هذه الخطوط بخطوط التذبذب الدائمة .

### رابعاً: خرائط الرياح

تمثل اتجاهات الرياح فى خرائط العالم وخرائط الأقاليم الكبرى بأسهم صغيرة ، وقد جرت العادة فى تسمية الرياح تبعاً للجهة القادمة منها وليس المتجهة إليها، وعادة ما تكون خرائط الضغط الجوى مزودة بالأسهم لبيان اتجاهات الرياح الأفقية فى شهر ما أو فصل ما أو طول السنة ، وهذا هو الحال مثلاً فى خريطة الدورة الهوائية العامة واتجاهات الرياح ما بين نطاقات الضغط المرتفع ونطاقات الضغط المنخفض المحيطة بالكرة الأرضية ، كما ترسم خرائط لتوضيح اتجاهات الرياح فقط فى قارة مثلاً أو إقليم معين بصفة مستقلة ، لإبراز أثر التضاريس فى اتجاهات الرياح ، أو لإبراز الاختلافات بين الرياح القادمة من كل اتجاه أو لمجرد توضيح الرياح التى تهب على المناطق المختلفة لهذه القارة أو ذلك الإقليم .

وترسم الاسم الخاصة بحالات الرياح دون الاعتماد على قياسات أو سجلات خاصة بها فى حالة الخرائط العامة أو العالمية بل نرسم هذه

الاتجاهات اعتماداً على الخبرة في مد الأسهم من مناطق الضغط المرتفع إلى مناطق الضغط المنخفض ، كما توضحها خطوط تساوى الضغط الجوى بناء على قياسات خاصة باتجاهات الرياح فقط .

ولكن فى حالة توافر قياسات دقيقة ووجود حاجة لرسم خرائط توضح نسبة هبوب الرياح وسرعتها فى فترة ما توضيحاً كمياً دقيقاً فترسم الأسهم بصورة تتبع مقاييس رسم مختلفة لتوضيح جانب من هذين الجانبين أو كلاهما معاً، وذلك برسم خطوط مفصلة أو متقطعة أو منقطعة أو تختلف فى سمكها لبيان نسبة هبوب الرياح، وقد ترسم على جانبها خطوط مائلة لبيان سرعتها ، وفيما يلى بعض النماذج المختلفة لتوضيح ذلك .

نسبة هبوب الرياح			سرعة الرياح ( عقدة )
أقل من ٥٠ %	من ٥٠-٧٥ %	أكثر من ٧٥ %	
←	←	←	١ - ٣
←	←	←	
←	←	←	٤ - ٧
←	←	←	
←	←	←	أكثر من ٧
←	←	←	

الشكل ( رقم ٦٤ ) نسبة هبوب الرياح وسرعتها

فضلا عما سبق ذكره من اشكال الأسهم العامة والأسهم النسبية التى تتعلق ببيانات الرياح السطحية هناك أسهم أطول بكثير من تلك الأسهم



تمثل ما يعرف بخطوط الانسياب Stream Lines a Fair وهي تمثل الرياح العلوية، فنحن نعرف أن التضاريس تؤثر على اتجاهات الرياح، وبالتالي قد تتغير اتجاهاتها بتغيرات محلية لا تتماشى مع الخطوط العامة لانسياب الرياح، ومن أوضح استعمالات الأسهم الطويلة استخدامها في توضيح الرياح الموسمية ، ويمكن التمييز أو التتبع في شكل السهم الخاص لكل مجموعة من مجموعات التيارات الهوائية ، بحيث تظهر كل من هذه المجموعات بلون أو شكل مميز، كذلك تستخدم في بيان الاتجاهات العامة لمسارات الأعاصير أو أضداد الأعاصير .

### خامساً: خرائط التوزيعات المتعددة:

في بعض الأحيان يضطر الباحث إلى رسم خريطة موضح بها أكثر من عنصر مناخى ، فالمعروف أن التأثير متبادل بين كثير من عناصر المناخ وظاهراته ، ومن ثم تدعو الحاجة أحياناً إلى إبراز بعض مظاهر هذا الارتباط، كما هو الحال مثلاً بالنسبة لارتباط الرياح بالضغط الجوى وتأثر الأمطار بالرياح سواء من حيث اتجاهاتها أو مصدرها ، كما قد يلزم أحياناً مقارنة عنصر أو ظاهرة مناخية بظروف أخرى غير مناخية ، ففي الامكان رسم خريطة لخطوط المطر المتساوية على خريطة تضاريسية عامة ، أو رسم خريطة توضح العلاقة بين كمية المطر والغطاء النباتي.

وفى بعض الدراسات المناخية أو المناخية النباتية أو المناخية الفيزيغرافية، فقد يحتاج الأمر لرسم خريطة تضم أكبر قدر ممكن من الجوانب المناخية والنباتية والتضاريسية لإبراز العلاقات بين هذه الجوانب

، ولكن ليس من السهل تحقيق هذا الغرض كارتوجرافياً، فمثلاً بالنسبة لخرائط الكتب والدراسات العامة ليس من السهل تمثيل أكثر من عنصرين أو ثلاثة على الأكثر بسبب صغر مساحة الورق من ناحية ، واستعمال اللون الأسود فقط من ناحية أخرى ، وفي بعض اطالس الخرائط العالمية توجد كثير من الخرائط المناخية التى تضم ثلاثة عناصر مناخية أو أكثر ، ويساعد على ذلك كبر حجم الأطلس من ناحية واستعمال الألوان من ناحية أخرى.

أما فى الدراسات المناخية الأكبر تفصيلاً ليس من السهل ولا من المستحب رسم خريطة تضم عدداً كبيراً من العناصر المناخية ، ويرجع هذا إلى ان الدراسة التفصيلية تهتم بتفصيلات كثيرة بالنسبة لكل عنصر ، أو بالتفصيلات الإقليمية الدقيقة مما يجعل رسم عدد كبير من العناصر بتفصيلاتها المختلفة أمراً أكثر صعوبة ، ويزداد الأمر صعوبة فى حالة ربط عنصر مناخى أو أكثر بعنصر آخر من عناصر البيئة الطبيعية كالغطاء النباتى مثلاً فى هذه الدراسات التفصيلية .

وعند رسم خريطة تضم عدداً من العناصر المناخية مجتمعة ، يجب أن تتوافر فى الخريطة حتى تكون واضحة وسليمة من الناحية الكارتوجرافية الشروط التالية :

أ - أن لا تكون العناصر الموزعة كبيرة العدد بحيث تتعقد الخريطة ويصعب استخراج البيانات الموزعة وخاصة عند رسم خرائط صغيرة المقياس وبدون استعمال الألوان المختلفة فى رسمها .

ب - أن تُتبع طرق كارتوجرافية سليمة لتمثيل كل من العناصر الموزعة ، فمثلاً فى حالة جمع ثلاثة عناصر فى خريطة واحدة كالضغط الجوى والرياح والأمطار ، يمكن استبدال الخطوط المتساوية للمطر بالتظليل أو بالتلوين المبني على أساس خطوط الحرارة المتساوية ، ثم نرسم خطوط الضغط المتساوية وأسهم لتوضح اتجاهات الرياح السائدة . أو يمكن تمثيل أربعة عناصر ، فمثلاً ترسم ظلال متدرجة للمطر فى شكل خطوط أفقية ، وظلال أخرى متدرجة للحرارة فى شكل خطوط رأسية بالاضافة إلى رسم خطوط الضغط المتساوى ، وأسهم تبين اتجاهات الرياح .

ج - يفضل عند رسم خرائط تبين الانحرافات أو الاختلافات فى المعدلات أو الكميات اتخاذ أكثر من لون أو ظل ، فمثلاً لتلوين خريطة الحرارة المتساوية لمنطقة فيها تباين واضح يمكن استعمال اللون الأحمر بدرجاته المختلفة للمناطق التى تتدرج فيها خطوط الحرارة من الصفرة المئوى وما يزيد عليه. بينما يخصص اللون الأزرق ودرجاته للمناطق التى تتدرج فيها خطوط الحرارة من الصفرة وما يقل عنه . كذلك الحال بالنسبة لخرائط المطر، فيمكن أن يخصص اللون الأصفر للمناطق التى يتدرج فيها المطر من ٢٠ سم فأقل ، فى حين يخصص اللون الأزرق ودرجاته فى مناطق التى يزيد فيها المطر عن ٢٠ سم .

د - توجد خرائط أخرى عامة يصنف فيها سطح الأرض تصنيفاً مناخياً عاماً مثل خرائط الأقاليم المناخية التى ترسم للعالم أو القارات ومن



الواضح أن التظليل أو التلوين في هذه الحالة لا يأخذ تدرجاً معيناً بل يظل أو يلون كل إقليم بلون يختلف عن بقية الأقاليم التي توضحها الخريطة .

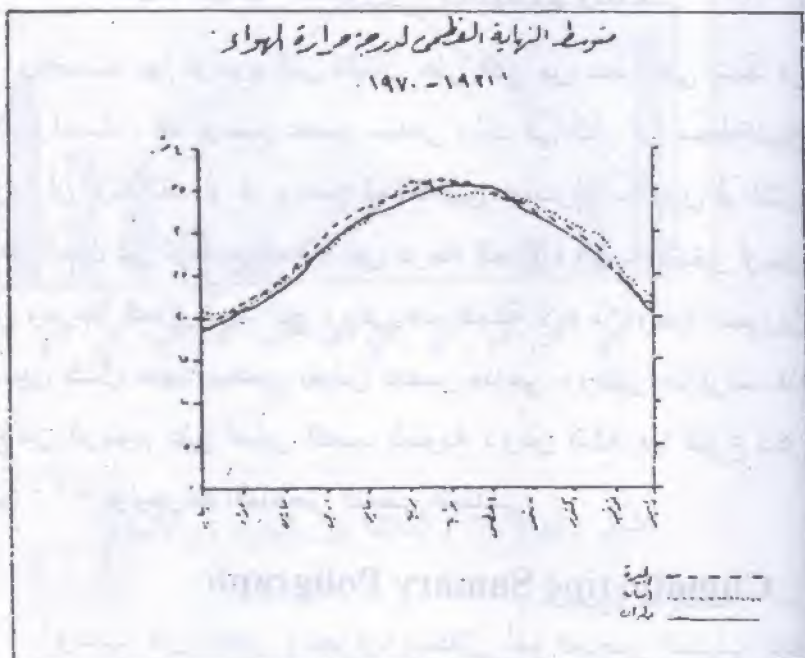
وقد يقسم الإقليم الواحد إلى عدة أنماط تختلف في طبيعة كل منها وإن كان هناك تشابه في عنصر واحد ، ففي مثل هذه الحالة يمكن أن يتدرج اللون أو الظل أو تعطى هذه الأنماط حروف أو أرقام ، والتي توضح التنوع دون الكم وتكتب هذه الأرقام أو الحروف مع ضلالها في مفتاح الخريطة وأمامها ما يلزم من بيانات خاصة مثل خريطة كوبن المناخية أو خريطة أوستن مولر .

## ثانياً : استخدام الرسوم البيانية في الخرائط المناخية:

الرسم البياني الخاص بالعناصر المناخية شكل توضيحي يرسم بلا خريطة لتوضيح ظاهرة مناخية أو أكثر وتتنوع الرسوم البيانية تنوعاً كبيراً حتى لا يمكننا أن نتناول كل استعمالات الأشكال البيانية ، ومن ثم سنكتفى بالإشارة إلى أشهر هذه الرسوم البيانية على النحو التالي :

### ١- الخطوط البيانية البسيطة : Graph lines

ومن أمثلتها ما يوضح درجات الحرارة أو المدى الحراري أو الدرجات العظمى أو الصغرى للحرارة إلى آخره في الشهور المختلفة ، أو خط يوضح معدل الرطوبة النسبية للجو في الشهور المختلفة — الشكل رقم (٦٥) ، أو خط يوضح كمية البخر أو كمية المطر أو يمثل حالة ظاهرة معينة أو عنصر معين لعدد طويل من السنوات.



الشكل رقم (٦٥)

ويرسم هذا الخط البسيط باقامة محورين عادة ما يكون المحور الأفقى منهما ممثلاً للزمن والرأس ممثلاً للفتات الظاهرة ، وعادة ما يكون الخط البياني الناتج منحنياً في تغيراته وليس منكسراً ، ومما تجدر الإشارة اليه أن الخطوط البيانية التي تسجلها آلات القياس المناخية على الورق البياني تعتبر أيضاً خطوط بيانية بسيطة.

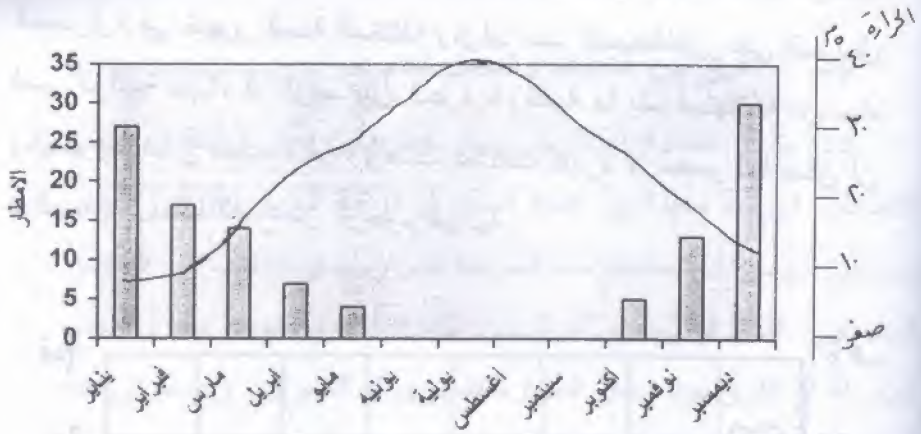
## ٢- الخطوط البيانية المتجمعة : Poly graphs

ويقصد بها الرسوم التي تشتمل على أكثر من خط بياني بسيط في شكل واحد ، فقد يوضع عنصر مناخى واحد في أكثر من محطة لبيان المقارنة أو الاختلاف أو قد يوضح العلاقة بين عنصرين مناخيين أو أكثر ، كما هو الحال في توضيح العلاقة بين درجة الحرارة وكمية التبخر أو بين المطر ودرجة الحرارة ... الخ ، وفى هذه الحالة لابد من وجود محورين رأسيين كل منهما يختص بقياس عنصر مناخى ، وكثيراً ما يرسم هذا النوع من الرسوم على اساس النسب المئوية ، ومن أمثلة هذا النوع نذكر ما يلى : أ - بوليجراف: الملخص النمطى المناخى:

### Climatic tipe Samary Poligraph

ولمّا كان المطر والحرارة يشكلان أهم العناصر المناخية فإنه كثيراً ما يرسم بوليجراف يوضح هذان العنصران كمعدل لشهر ما أو لفصل ما ، أو لتمثيل أى من هذه المعدلات لعدد من المحطات تقع فى اقليم مناخى واضح بقصد ابراز الخصائص الحرارية أو المطرية لهذا الاقليم ، ويرسم مقياسان رأسيان أحدهما خاص بالحرارة والآخر خاص بالمطر ، وفى حالات كثيرة يمثل المطر بالأعمدة البيانية .



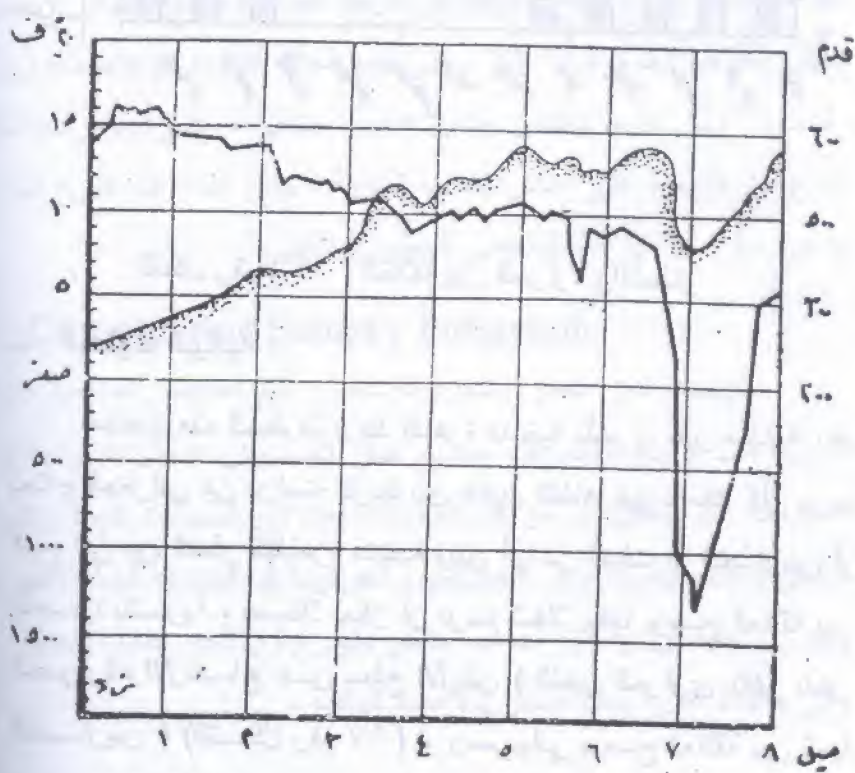


الشكل رقم ( ٦٦ ) العلاقة بين الحرارة والأمطار

#### ب- الخطوط البيانية :

تستخدم هذه الخطوط بربط ظاهرة مناخية بأخرى غير مناخية ، قد يحتاج الجغرافى فى دراسته للربط بين هاتين الظاهرتين ، مثلاً كأن يربط الجغرافى بين المطر كظاهرة مناخية وبين أى من النبات أو التضاريس أو ظاهرة بشرية ، فمثلاً يمكن أن نرسم شكلاً بيانياً يوضح العلاقة بين الحرارة والارتفاع عن سطح الأرض ( التغير الحرارى بتأثير تباين التضاريس ) (الشكل رقم ٦٧ ) أو رسم بيانى يوضح العلاقة بين كمية المطر ونسبة الأملاح فى التربة ، أو لتوضيح الحرارة والمطر من ناحية وكثافة الغطاء النباتى من ناحية أخرى .

ومن ناحية أخرى يمكن رسم بوليجراف لبيان ارتباط معدل درجات الحرارة في شهور السنة المختلفة وتزايد عدد المصطافين على السواحل في دولة ما، أو الربط بين الحرارة وكمية ما يتم استهلاكه من مياه وكهرباء في مدينة ما، وهناك علاقات كثيرة لا حصر لها يمكن أن نعالجها بمثل هذا النوع من الرسوم البيانية .



الشكل رقم (٦٧) تغير الحرارة بتأثير تباين السطح أثناء الليل

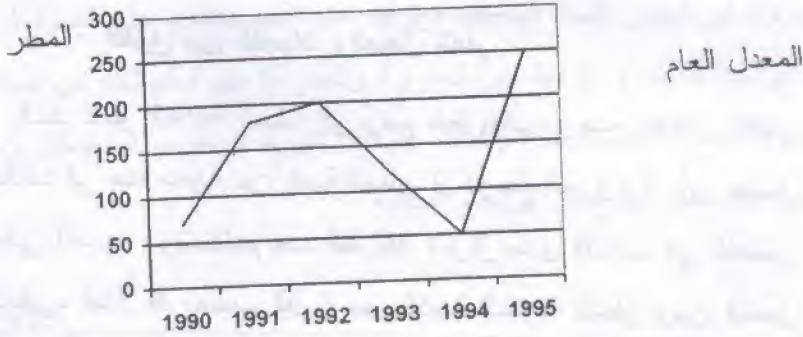
### ج - الفرق بين الكميات والمعدل العام :

قد تدعو الحاجة أحياناً إلى رسم خط بياني يوضح المقدار الفعلي للاختلاف في مدة معينة بين كمية المطر أو درجة الحرارة أو أى عنصر مناخى آخر ، وتستخدم هذه الطريقة لإبراز مدى التذبذب فى العنصر المناخى، فمثلاً قد يحسب الفرق بين الكمية السنوية للمطر وبين المعدل العام له أو الفرق بين معدل الحرارة الشهرى أو السنوى ، ويرسم فى هذه الحالة الخط البياني باحدى طريقتين :

١- أما أن يكون المحور الرأسى مقسماً على اساس درجات الاختلاف وفى هذه الحالة لا يكون المحور الأفقى ممثلاً للصفر لأنه ستكون هناك اختلافات بالسالب ، وتستخدم هذه الطريقة غالباً فى تمثيل الفرق بين كميات المطر والمعدل العام للمطر .

٣- أو يكون المحور الرأسى مقسماً بطريقة عادية والمحور الأفقى يمثل السنوات أو الشهور ، ويرسم خط بياني منحنى يمثل الأرقام الفعلية للظاهرة الممثلة للشهور أو السنوات ، ثم يرسم خط أفقى مستقيم يمثل المعدل العام لهذه الظاهرة كما فى الشكل رقم (٦٨) وتستخدم هذه الطريقة عادة فى تمثيل معدلات المطر أو الحرارة أو الضغط أو باقى العناصر المناخية .





الشكل رقم (٦٨) درجة الاختلاف في كمية المطر

### ٣ - الهيستوجراف المناخى :

ويرسم ليوضح النسب المئوية لحدوث ظاهرة مناخية بكميات معينة فى شهور سنة كاملة أو خلال عدد معين من السنوات، مع ملاحظة أن الشهور أو السنوات لا تمثل فى هذا الرسم ، ويرسم الهيستوجراف بإقامة محور أفقى يخصص للكميات أو المقادير ، وآخر رأسى يوضح نسبة التكرار فعند تمثيل المطر مثلاً فى فترة معينة تجمع عدد مرات سقوط المطر على هيئة فئات ، وتحسب النسب المئوية التى تمثلها هذه الفئات بالنسبة لجملة عدد مرات سقوط المطر فى الفترة المذكورة ، ويقسم المحور الأفقى إلى الفئات التى تم اختبارها ثم نبدأ فى رسم المدرج التكرارى على أساس النسب المئوية كما يتضح من الشكل رقم ( ٦٩ )

وميزة هذا النوع من الرسوم أنها تبرز المقارنة بالنسبة المئوية بين أكبر الكميات وأقل الكميات ، وبالتالي توضح الحالات الشاذة فى العنصر

المناخى وهل هذا الشذوذ موجود دائماً أو غير دائم ، مثال تم تسجيل كميات المطر خلال كل شهر من شهور السنة ولمدة خمس سنوات وكانت الكميات على النحو التالى :

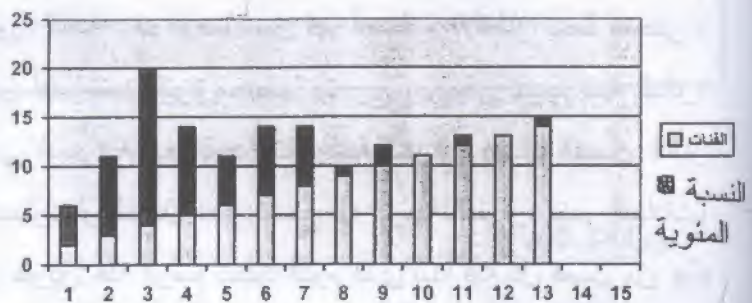
الجدول رقم ( ٢٩ ) كميات المطر خلال شهور السنة فى خمس

سنوات	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	السنة
١	٣	٣	٣	٤	٥	٧	٨	٧	٥	٤	٤	٤	٥٧
٢	٣	٢	٤	٤	٤	٦	٨	٦	٤	٤	٤	٤	٥٣
٣	٤	٣	٥	٥	٧	٨	٧	٧	٥	٥	٥	٥	٦٦
٤	٢	٢	٣	٧	١٠	١٤	١٠	٨	٨	٦	٣	٢	٧٥
٥	٤	٣	٤	٦	٩	١٢	٨	٧	٦	٥	٤	٤	٧٢

المجموع = ٦٠ شهراً

الجدول رقم ( ٣٠ ) عدد الفئات ونسبتها المئوية

٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤
٤	٨	١٦	٩	٥	٧	٦	١	٢	-	١	-	١
٦.٧	١٣.٣	٢٦.٧	١٥	٨.٣	١١.٧	١٠	١.٧	٣.٣	-	١.٧	-	١.٧



الفئات

الشكل رقم (٦٩)

#### ٤- دائرة الحرارة (الكليما توجراف: Thermograph or Climatograph)

من الممكن رسم دائرة وتقسيمها إلى ١٢ قسماً تبعاً لعدد شهور السنة، بحيث يكون نصيب كل شهر ٣٠° من قيم زوايا الدائرة البالغة ٣٦٠°، ثم يرسم من مركز هذه الدائرة دوائر على مسافات متساوية من نصف قطر أكبر دائرة على أن نراعى أن يشمل هذا التقسيم أقل الدرجات وأعلاها، فإذا كان المعدل الشهري لا يقل عن الصفر المئوى ففي الامكان أن يكون مركز الدائرة هو الصفر، وقد يكون مركز الدائرة هو أقل رقم يقل عن الصفر المئوى فى حين يمثل الصفر المئوى بدائرة، فإذا كانت لدينا أرصاد يومية لأيام السنة بمعدل درجة الحرارة فيمكن رسم نقط " أنصاف أقطار " على بعد من مركز الدائرة تمثل هذه الأرصاد تبعاً لقيمتها.

أما إذا كانت الأرصاد الموجودة للمعدلات الشهرية، ففي هذه الحالة ترسم أنصاف أقطار تمثل هذه المعدلات فى منتصف كل قسم يمثل كل شهر من شهور السنة، ثم يوصل بين قيم أنصاف الأقطار بخط منحنى، وبذلك تتكون لدينا شبه دائرة محيطها متعرج، ويمكن تقسيم شبه الدائرة الناتجة إلى شرائح تبعاً لمعدلات درجة الحرارة فهناك الفصل الحار والفصل البارد أو الفصل الذى تسمح فيه درجة الحرارة بنمو النباتات، ويمكن عن طريق هذا الرسم تحديد اليوم الذى يبدأ فيه كل فصل من هذه الفصول (الشكل رقم ٧٠).





الشكل رقم (٧٠)

٥ - وريادات الرياح :

هناك أنواع مختلفة من وريادات الرياح تمثل اتجاهات الرياح وسرعتها وسوف نذكر أهمها :

## أ - ورده الرياح البسيطة: Simple Wind Rose

وهى عبارة عن شكل تتوسطه دائرة تحيط بها مجموعة من الأعمدة البيانية الصغيرة لتوضيح النسب العامة لهبوب الرياح من اتجاهاتها المختلفة كمتوسط سنوى أو شهرى أو أسبوعى .... الخ، ويلاحظ أن الدائرة المرسومة بوسط الوردة عادة ما ترسم كبيرة نسبياً بحيث يكون في وسطها نسبة السكون، وهذا يتضح بصفة خاصة في الرسوم البيانية المستقلة التى لا توقع فى خرائط.

ويوضح الجدول التالى رقم (٣١) المعدل السنوى لتوزيع النسب المئوية لاتجاهات الرياح فى محطة طنطا ، والمطلوب رسم ورده رياح بسيطة تمثل اتجاهات الرياح بمدينة طنطا .

شمال	شمال	شرق	جنوب	جنوب	جنوب	غرب	غرب	شمال	سكون
	شرق		شرق		غرب		غرب		
١٤,٠	٦,٠	٣,٢	٢,١	٢,٥	٨,٩	١١,٢	١٨,٠	٣٤,٠	

حل المثال :

١ - نبدأ فى اختيار مقياس رسم مناسب ويتوقف اختيار مقياس الرسم على طبيعة الأرقام المطلوب رسمها .

٢- نضرب مقياس الرسم الذى تم اختياره فى النسب المئوية لاتجاهات الرياح لنحصل على أطوال الاتجاهات المختلفة ، فلو فرض وكان مقياس رسم ورده الرياح ٢ مم لكل ١٠٪ فيكون اتجاه الأطوال كما

يلى :

$$\text{اتجاه الشمال} = 14,0 \times 2 = 28,0 \text{ مم}$$

$$\text{اتجاه الشمال الشرقى} = 6,0 \times 2 = 12,0 \text{ مم}$$

$$\text{اتجاه الشرق} = 3,2 \times 2 = 6,4 \text{ مم}$$

$$\text{اتجاه الجنوب الشرقى} = 2,1 \times 2 = 4,2 \text{ مم}$$

$$\text{اتجاه الجنوب} = 2,5 \times 2 = 5,0 \text{ مم}$$

$$\text{اتجاه الجنوب الغربى} = 8,9 \times 2 = 17,8 \text{ مم}$$

$$\text{اتجاه الغربى} = 11,2 \times 2 = 22,4 \text{ مم}$$

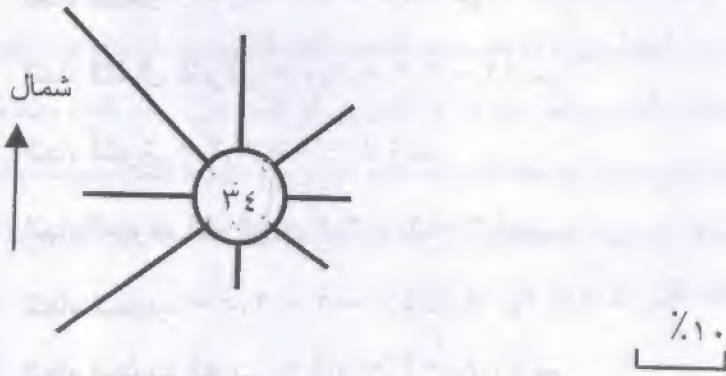
$$\text{اتجاه الشمال الغربى} = 18,0 \times 2 = 36,0 \text{ مم}$$

أما الرقم الدال على النسبة المئوية لمرات السكون ( ٣٤,٠ ) فيكتب  
فى وسط وردة الرياح .

٣- نقوم برسم ثمانية خطوط تمثل الاتجاهات الثمانية التى توضحها  
الاحصائية كل حسب قيمته وحسب اتجاهه .

٤ - يختلف الشكل البيانى لوردة الرياح من طريقة لأخرى ، فقد  
تكون خطوطها مفردة أو مزدوجة أو ثلاثية الشكل ، ولكن المهم هو  
تناسب اطوال هذه الخطوط مع النسبة المئوية لاتجاهات الرياح وفقا  
لمقياس السهم المستخدم ( الشكل رقم ٧١ )



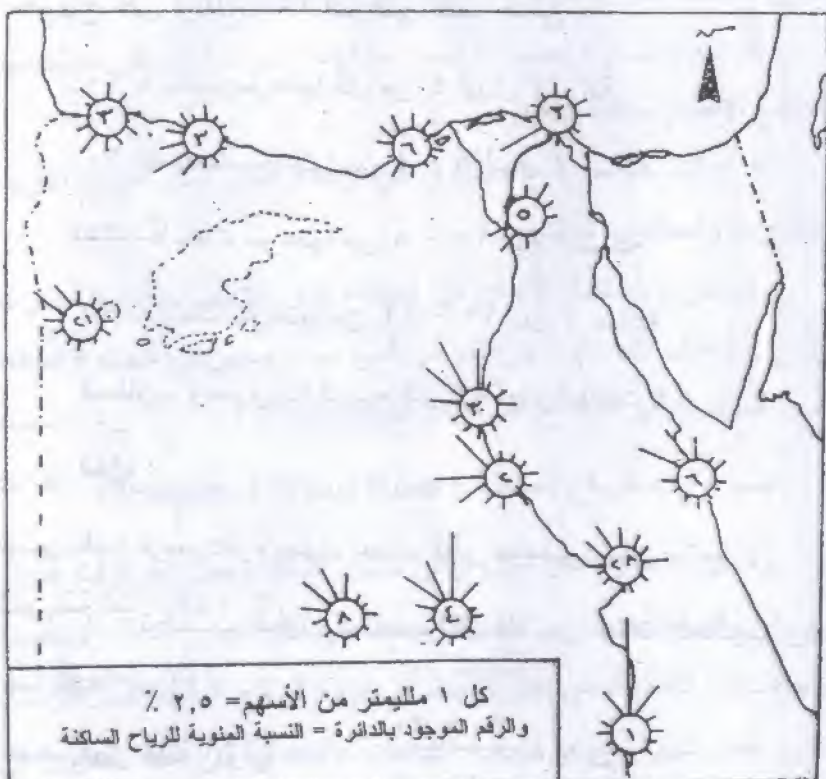


الشكل رقم (٧١) وردة الرياح البسيطة .

٥- يجب رسم مقياس الرسم المستخدم وكذلك اتجاه الشمال . هذا فضلاً عن أن وردة الرياح لا ترسم على هيئة شكل بياني منفصل فقط ، كما هو الحال في المثال سالف الذكر ، بل يمكن توقيع عدة وردات للرياح على خريطة واحدة لكي توضح اتجاه الرياح في المنطقة التي تمثلها الخريطة شكل رقم (٧٢) .

#### ب - وردة الرياح المركبة: Compound Wind Rose

وهذه عبارة عن دائرة يقسم نصف قطرها على اساس النسب المئوية لسرعة الرياح من اتجاه معين في شهر ما أو طول السنة وتستخدم وردة الرياح المركبة في تمثيل سرعة الرياح، وتستخدم عادة لتوضيح سرعة الرياح العليا Upper Wind وتأخذ شكلاً دائرياً يختلف عن وردة الرياح البسيطة .



الشكل رقم (٧٢) واردة الرياح البسيطة في الشتاء

(ديسمبر ، يناير ، فبراير)

مثال :

هذه البيانات تبين النسب المئوية لسرعة الرياح في محطة مرسى مطروح على ارتفاع ١٠٠ قدم على النحو التالي :

٢٠ ٪ بلغت سرعتها أقل من ٤ أميال / ساعة

٣٠ ٪ بلغت سرعتها من ٤ - ٨ أميال / ساعة

٣٥ ٪ بلغت سرعتها من ٨ - ١٢ ميل / ساعة

١٥ ٪ بلغت سرعتها من ١٢ - ١٦ ميل / ساعة

المطلوب رسم وردة الرياح المركبة لهذه البيانات ؟

الحل :

١ - نرسم دائرة بطول نصف قطر مناسب وليكن ٣٠ مم

٢ - نحسب الطول المناسب لكل فئة من الفئات المطلوب رسمها

كما يلي:

$$\text{نصف قطر الفئة الأولى} = \frac{٣٠ \times ٢٠}{١٠٠} = ٦ \text{ مم.}$$

$$\text{نصف قطر الفئة الثانية} = \frac{٣٠ \times ٣٠}{١٠٠} = ٩ \text{ مم.}$$

$$\text{نصف قطر الفئة الثالثة} = \frac{٣٠ \times ٣٥}{١٠٠} = ١٠,٥ \text{ مم.}$$



$$\text{نصف قطر الفئة الرابعة} = \frac{30 \times 10}{100} = 3.0 \text{ م.}$$

٣ - نجمع أطوال أنصاف الأقطار السابقة فيجب أن يكون مجموعها مساوياً لنصف قطر الدائرة الأساسية وهي ٣٠ م .

٤ - ونرسم أربعة دوائر متداخلة وموحدة المركز مستخدمين أنصاف الأقطار سالفة الذكر .

٥ - انشاء مفتاح يتكون من أربعة ألوان تمثل الفئات الأربعة المذكورة، والمطلوب تمثيلها .

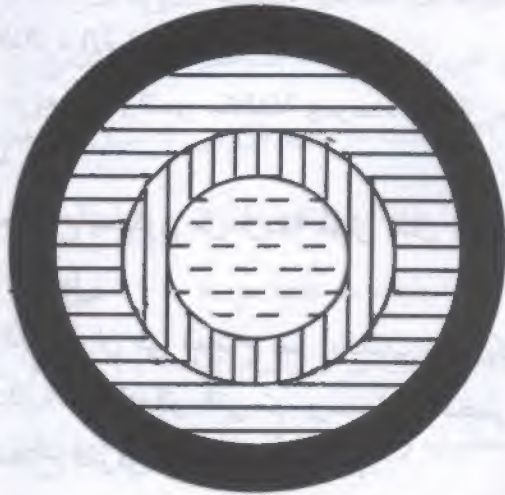
وتتدرج كثافة الألوان في المفتاح بما يتناسب مع زيادة سرعة الرياح ، ونظلل كل دائرة من الدوائر التي تم رسمها في الخطوة السابقة باللون الموضح في المفتاح المرفق ( الشكل رقم ٧٣ ).

### ج - ورده الرياح المثلثة : Octagonal Wind Rose

وهي عبارة عن شكل بياني مثن الشكل ويمثل تكرارات هبوب الرياح واتجاهاتها في محطة معينة في كل شهور السنة ، وبالنسبة للاتجاهات الثمانية، من هنا نلاحظ أن ورده الرياح المثلثة تمثل أرساد اثني عشر شهراً بالنسبة لثمانية اتجاهات بالاضافة إلى نسبة السكون في كل اتجاه من الاتجاهات .

مثال :

الجدول التالي يوضح المعدلات الشهرية لتوزيع النسب المئوية لاتجاهات الرياح في مدينة طنطا ، والمطلوب رسم ورده الرياح المثلثة لتبيين اتجاهات الرياح في المدينة في كل شهر من شهور السنة .



الشكل رقم (٧٣) السرعة في الساعة

٤ - ٨ أميال



أقل من ٤ أميال



١٢ - ١٦ ميلاً



٨ - ١٢ ميلاً



جدول رقم (٣٢) اتجاهات الرياح وسرعتها

شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب	سكون
٧,٤	٣,٩	٢,٤	٢,٢	٤,٠	٢٣,٢	١٣,٧	٩,٠	٣٤,٢
٧,٤	٤,٧	٣,٤	٣,٦	٥,٥	٢٠,٠	١٤,٤	١١,٥	٢٩,٥
١١,٢	٨,٠	٥,٥	٣,٠	٣,٤	١١,٢	١٣,٣	١٦,١	٢٨,٣
١٥,٨	٩,٩	٥,٢	٤,٢	٣,٠	٧,١	١١,٨	١٧,٩	٢٥,١
٢٠,٦	١١,٧	٧,٤	٣,٥	٢,٠	٤,٥	٩,٢	١٦,٥	٢٤,٦
٢٠,٣	٦,٢	١,٨	١,١	٠,٩	٢,٦	١٠,٥	٢٨,٦	٢٨,٠
١٤,٤	٢,٠	٠,٧	٠,٣	٠,٩	٣,٧	١٣,٦	٣٣,١	٣١,٣
١٥,٣	٢,٧	١,٠	٠,٥	٠,٩	٣,٣	١١,٦	٢٧,٨	٣٦,٩
١٦,١	٣,٨	١,٤	١,٠	٠,٩	٢,٩	٨,٤	٢١,٥	٤٤,٠
١٧,٨	٧,٩	٣,١	١,٧	١,٤	٣,٣	٦,١	١٥,٢	٤٣,٥
١٣,٣	٦,٥	٣,٧	١,٧	٢,٢	٨,١	٨,٢	١٥,٦	٤٣,٧
٧,٨	٥,١	٢,٩	٢,٧	٥,٠	١٦,٤	١٣,١	٦,٨	٤٠,٢

الحل :

- الخطوة الأولى نقوم برسم ثمانية أضلاع عرضية على الاتجاهات الثمانية بحيث تكون أطوالها مناسبة لاقامة اثني عشر عموداً متجاورة تمثل الشهور المختلفة على كل منها.



٢- اختيار مقياس رسم مناسب لاقامة هذه الأعمدة للنسب المثوية التي سبق حسابها. فيجب ألا يكون المقياس كبيراً جداً، بحيث تزيد أطوال الأعمدة عما يجب أو العكس صحيح .

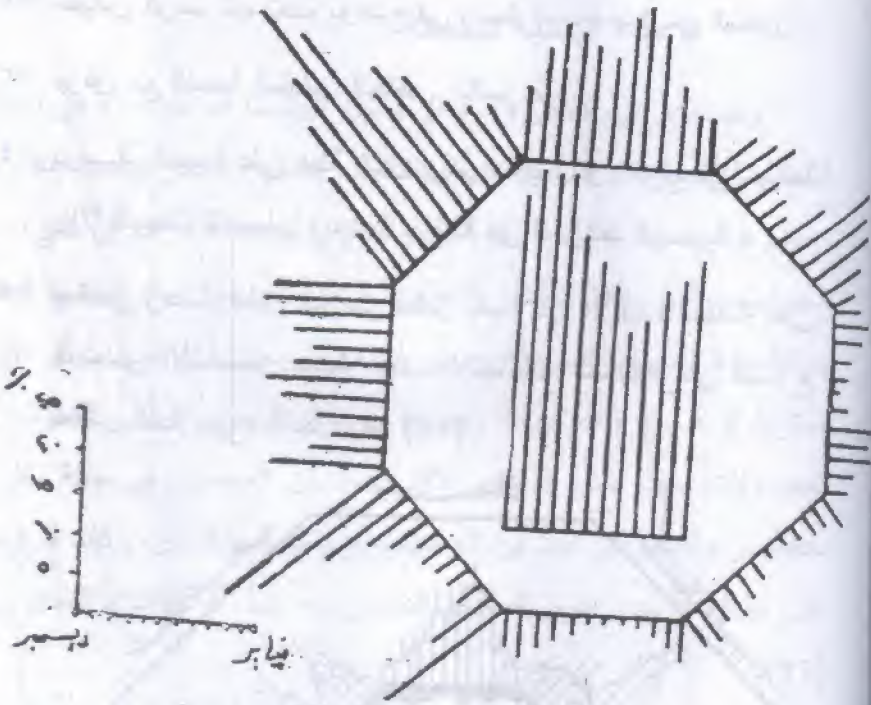
٣- نرسم خط مناسب وبالطول نفسه الذي رسمت به اضلاع المثلث في وسط الشكل ويقام عليه اثنا عشر عموداً يمثل نسبة السكون في الشهور المختلفة للسنة ، شكل رقم ( ٧٤ )

٤ - تحدد أطوال الأعمدة وفقاً لمقياس الرسم المستخدم ، وعلى ذلك سوف يكون لدينا مقياساً رسم ، أحدهما مقياس أفقى هو نفس طول أى ضلع من اضلاع الشكل ، والآخر مقياس رأسى يتحدد على أساسه طول كل عمود من المثلث على حسب القيمة التي يمثلها هذا العمود .

٥- لا نرسم وردة الرياح المثلثة على هيئة شكل بياني منفصل بل يمكن توقييع أكثر من وردة مثمنة على الخريطة ، وتعرف وردة الرياح في هذه الحالة بأنها موقعة Located Wind Rose على الخريطة .

### د - نجمة الرياح : Wind Star

نجمة الرياح هي وردة رياح مثمنة مضاف إليها سرعة الرياح في ثمانية اتجاهات ، ولرسم هذه النجمة لا بد من الحصول على البيانات السابقة والممثلة في وردة الرياح المثلثة مضافاً إليها النسبة المثوية لسرعة

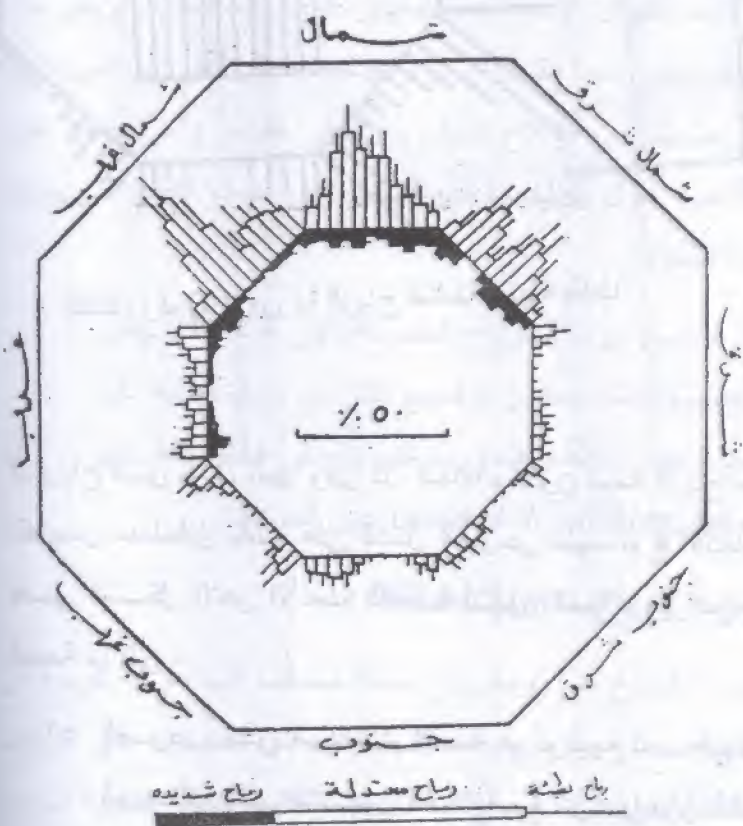


الشكل رقم (٧٤) ورده الرياح المثلثة لمدينة طنطا

الرياح فى كل شهر وفى كل اتجاه، وتتكون نجمة الرياح من شكلين مثنيين متداخلين يكتب على الشكل الخارجى منهما نوع الاتجاه، ويرسم على الشكل الآخر الأعمدة الخاصة بشهور السنة ، ويراعى عند رسم النجمة ما يلى :

- ١- الغرض من استخدام النجمة هو توضيح نسب هبوب الرياح المختلفة فى الشهور المختلفة مع سرعتها دون أخذ ساعات السكون فى الاعتبار .

- ٢- مقياس الرسم المستخدم يوضع في وسط النجمة بدلاً من السكون .
- ٣- يرفق مع النجمة المقياس الخاص بالسرعة .
- ٤- ترسم النجمة على هيئة شكل بياني منفصل ولا توقع في خرائط وإلا طمست تفاصيلها وبصفة خاصة في الخرائط الصغيرة .
- ٥- يمكن رسم اطار خارجي مثلث بعيداً عن الأعمدة المقامة على المثلث الأساسي بحيث تكتب الاتجاهات المختلفة على أضلاع المثلث الخارجي ، الشكل رقم (٧٥) .



الشكل رقم (٧٥) نجمة الرياح



## ٦ - الأعمدة البيانية البسيطة :

وتستخدم على نطاق واسع في تمثيل البيانات المناخية ، وهي تشكل القسم الأكبر من التمثيل البياني لكميات المطر والتبخر والمياه الجارية وسطوع الشمس ومعدل طوال الليل والنهار وغيرها. والواقع أن كثيراً من الجوانب التي يمكن تمثيلها بالخطوط البيانية البسيطة يمكن تمثيلها أيضاً بالأعمدة البيانية البسيطة ، ومن أمثلة ذلك معدل أيام الضباب أو الأيام المترية أو الحرارة المتجمعة وغيرها ، ويمثل المحور الرأسي الكميات أو المعدلات حيث يمثل المحور الأفقي لعدد من المحطات في حالة مقارنة عنصر واحد في عدد من المحطات أو يخصص للزمن، وذلك للوقوف على مقدار أو مدى تغير العنصر المناخى تبعاً لهذه الوحدات ، الشكل رقم (٧٦).

مثال :

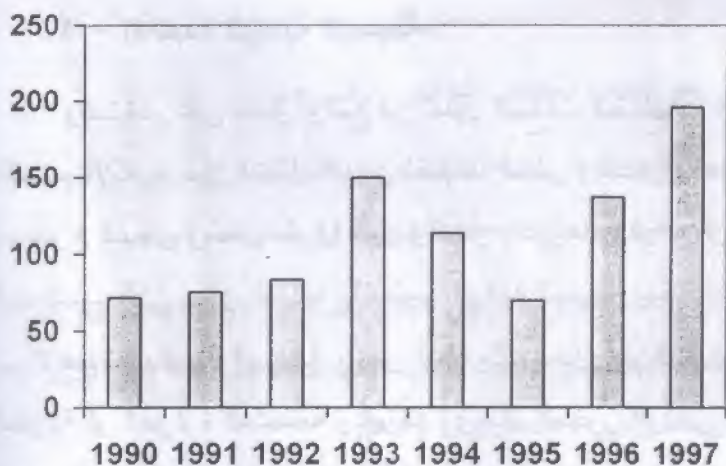
سجلات كمية المطر في محطة ما وكانت كمياتها كما يلي :

السنة	١٩٩٠	١٩٩١	١٩٩٢	١٩٩٣	١٩٩٤	١٩٩٥	١٩٩٦	١٩٩٧
الكمية	٧٢	٧٦	٨٤	١٥٠	١١٤	٧٠	١٣٧	١٦٩

بالسم

والمطلوب رسم عدد من الأعمدة البيانية البسيطة توضح هذه القيم :

وتفيد هذه الطريقة في المقارنات بصفة خاصة لابرار الاختلاف من ظاهرة أو خاصية مناخية بغض النظر عن الكميات الفعلية ، وقد ترسم هذه الأعمدة منفصلة أو ملتصقة .



الشكل رقم (٧٦) تفاوت كميات المطر من عام لآخر

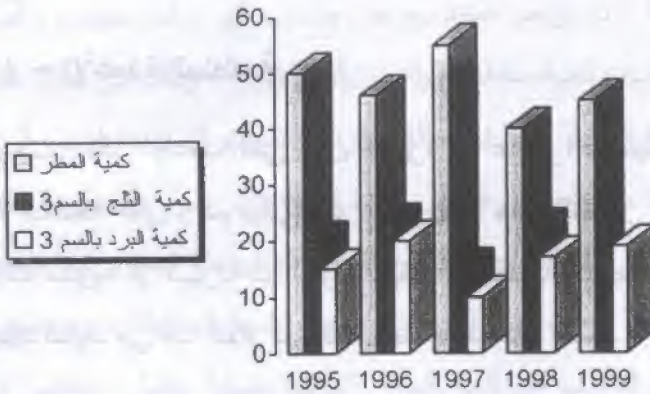
#### ٧ - الأعمدة البيانية المقسمة أو المركبة :

ويقصد بها مجموعة من الأعمدة التي تمثل ظاهرة عامة ثم ما تتميز به من تفصيلات لعدد من الشهور أو السنوات في محطة معينة ، ومن أمثلة ذلك رسم مجموعة من الأعمدة التي تمثل كل منها الاجمالي المتساقط في شهر أو عام ثم يوضح بكل عمود مقدار ما يمثله المطر والبرد والثلج مثلاً ، وهذا ما يوضحه كل من الشكل رقم (٧٧) ، (٧٨) والذان تم رسمهم من خلال الجدول التالي والذي يوضح بيانات التساقط لخمسة أعوام.

مثال :

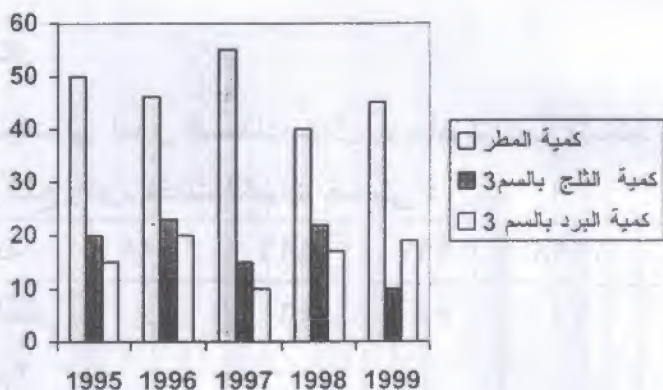
سجلت في احدى المحطات خلال عدة أعوام كمية التساقط ممثلة في المطر والثلج والبرد فكانت الكميات كما يلي :

السنة	١٩٩٥	١٩٩٦	١٩٩٧	١٩٩٨	١٩٩٩
كمية المطر بالسم <sup>٣</sup>	٥٠	٤٦	٥٥	٤٠	٤٥
كمية الثلج بالسم <sup>٣</sup>	٢٠	٢٣	١٥	٢٢	١٠
كمية البرد بالسم <sup>٣</sup>	١٥	٢٠	١٠	١٧	١٩



الشكل رقم (٧٧)





الشكل رقم ( ٧٨ ) الأعمدة البيانية المركبة

ويدخل ضمن هذه الأعمدة التي تمثل نسب هبوب الرياح من الاتجاهات الثمانية في شهور السنة المختلفة إذا استغنيا عن رسم نجمة الرياح .

#### ٨ - الأعمدة المنطبعة :

وهي تلك الأعمدة التي تمثل ظاهرة أو عنصراً مناخياً في محطة معينة منطبعة على رسم بياني آخر يبين نفس هذا العنصر على أساس معدلات سنوية أو شهرية لها ، وذلك بقصد المقارنة وتوضيح أثر ما إذا كان هناك شذوذ في هذا العام عن المتوسط أو المعدل العام .

وقد تمثل تلك الأعمدة ظاهرة مناخية في محطة معينة لعدد من الشهور أو السنوات ثم يرسم فوقها وبنفس مقياس الرسم أعمدة أخرى تمثل نفس الظاهرة بقصد المقارنة ، ومن أمثلة ذلك مقارنة كمية التبخر أو

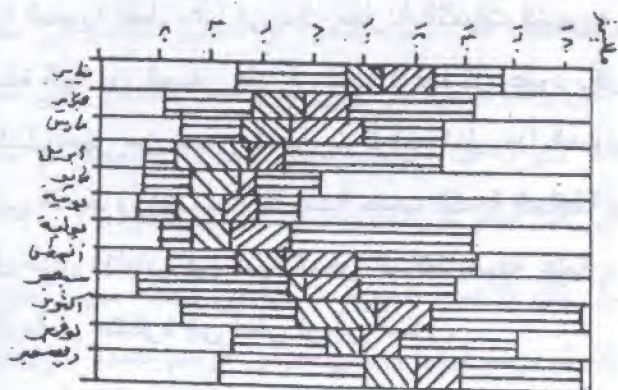
التساقط في محطتين في شهور معينة ، ومن هذا النوع أيضاً مجموعة من الأعمدة التي تمثل ظاهرة مناخية منطبعة على أعمدة أخرى لظاهرة أخرى قد تكون طبيعية أو بشرية لنفس المحطة مثل مقارنة المطر الساقط في الشهور المختلفة مع متوسط ارتفاع الحشائش في إقليم ما ، أو مقارنة عدد أيام الصقيع بالنسبة لاتلاف محصول معين ، ولما كان الشكل البياني الناتج في هذه الحالة يمثل ظاهرتين مختلفتين فلا بد من عمل مقياسين جانبيين للشكل البياني .

#### ٩ - أعمدة تشتت المطر:

قد يرسم هذا الشكل ليمثل حالة المطر التفصيلية في محطة ما ، ومن ثم فلا بد من وجود بيانات عن الكميات الفعلية التي سقطت كل عام في مدة طويلة ، ثم يرسم عمود بعرض مناسب إلى جانبه مقياس رأسى ، يبدأ من أقل كمية سقطت وينتهى بأكبر كمية ، وذلك في حالة مقارنة الكمية السنوية فقط ، أما في حالة مقارنة الكميات الشهرية فيجب أن تبدأ الأعمدة كلها من الصفر على أن تحدد قاعدة كل عمود بأقل كمية سقطت في كل شهر من شهور السنة، ثم توقع داخل هذا العمود تبعاً للمقياس الجانبي فقط وواضحة لكل سنة حسب الكمية الساقطة ، ويوضح هذا الشكل مدى التذبذب في كمية المطر الساقط بصفة عامة ، وتظهر النقاط اما متقاربة أو متناثرة إلى أعلى أو إلى أسفل .

ومن ثم فإن هذا الشكل يعطى صورة واضحة عن أحوال المطر في المناطق الموسمية والمناطق شبه الصحراوية ، والتي تتميز فيها الأمطار

بالتذبذب السنوى الكبير ، ويرسم هذا الشكل فى أغلب الحالات لتوضيح حالة المطر فى شهور السنة المختلفة وتتبع نفس الخطوات السابقة ، بحيث يكون لدينا ١٢ عمود كل منها يمثل شهراً من شهور السنة ، ويرسم الشكل على أساس بيانات المطر الساقط شهرياً ولمدة طويلة ، ثم توقع النقط الخاصة بكل شهر فى العمود الخاص بها على مدى الفترة التى لدينا عنها بيانات ، الشكل رقم (٧٩) ، ثم نجرى ما يلى :



الشكل رقم (٧٩) تشتت المطر



يحدد المتوسط في كل عمود بخط أفقى يفصل بين عدد متساوى من النقط أعلاه وأسفله .

يقسم الجزء السفلى والجزء العلوى من كل عمود إلى قسمين آخرين متماثلين فى عدد النقط ، أى أن كل عمود أصبح مقسماً إلى أربعة أقسام بكل قسم ٢٥ ٪ من عدد النقط ، وإن كانت هذه الأقسام غير متساوية .

تسمح النقط من الأعمدة ثم تظلل الأقسام بكل عمود بظلال متناظرة ، أى أن يكون التظليل بالقسم الأول الأسفل هو نفس التظليل بالقسم الرابع العلوى ، فى حين يراعى إبراز القسمين المتجاورين لخط الوسط بتظليل متناظر ولكن كل منهم عكس الآخر ، وبهذه الطريقة يوضح هذا الشكل كثيراً من الخصائص التى تخفيها الأعمدة التى تمثل معدل اجمالى المطر الساقط ، فهو يوضح اجمالى المعدل ويوضح أكبر كمية وأقل كمية ، كما يوضح متوسط أكبر الكميات ومتوسط أصغر الكميات ، كما يوضح اتجاه الشذوذ واحتماله إلى أعلى أو إلى أسفل .

# محتويات الكتاب

الصفحة

الموضوع

المقدمة

الفصل الأول: الطقس والغلاف الجوى

١- الطقس

٢- المناخ

قياس العناصر

عمليات الرصد بواسطة الأقمار الصناعية

نظام المناخ

٣- الغلاف الجوى

أتركيب الغلاف الجوى

أولا : طبقة الهوموسفير

١- طبقة التروبوسفير

٢- طبقة الإستراتوسفير

٣- طبقة الميزوسفير

ثانيا : طبقة الهيتروسفير

ب- أجهزة الرصد ونموذج المرصد العادى

الفصل الثانى : الإشعاع

أولا : الإشعاع الشمسى

١- الأشعة فوق البنفسجية

٢- الأشعة الضوئية

٣- الأشعة الحرارية

أجهزة قياس الإشعاع الشمسى

١- ترمومتر النهاية العظمى للإشعاع الشمسى

٢- جهاز الأكتينوميتر

٣- جهاز كامبل ستوكس

٤- جهاز بير هيليوميتر

٥- جهاز بيلانى راديوميتر

٦- حساب الإشعاع الشمسى بالطرق الرياضية

- التوزيع الجغرافى للإشعاع الأرضى

ثانيا : الإشعاع الأرضى

ثالثا : الإشعاع الجوى

٥٥	الأليبدو الأرضى
٥٩	فصل الثالث: أجهزة الرصد الجوى لعناصر المناخ المختلفة
٦١	أولا: قياس درجة الحرارة
٦٢	١- الترمومتر
٦٢	أ- الترمومتر المنوى
٦٤	ب- الترمومتر الفهرنهايتى
٦٥	ج- ترمومتر النهاية العظمى
٦٦	د- ترمومتر النهاية الصغرى
٦٦	٢- الترموجراف
٦٨	- التغير الرأسى فى درجة الحرارة
٧١	- الانقلاب الحرارى
٧٣	- التغير الأفقى فى درجة حرارة الجو
٧٣	(١) موقع المكان بالنسبة لخط العرض
	(٢) الاختلاف بين اليابس و الماء فى اكتساب و فقدان الأشعة
٧٣	- توزيع الحرارة و المناطق الحرارية
٧٥	ثانيا: الضغط الجوى و الرياح
٧٧	أولا: الضغط الجوى
٧٧	- أجهزة قياس الضغط الجوى
٧٧	أولا: البارومترات الزنبقية
٧٧	١- بارومتر تورشيللى
٧٨	٢- البارومتر ذو الخزان الثابت (بارومتر كيو)
٨٠	٣- بارومتر فورتن
٨٠	ثانيا: البارومتر المعدنى
٨٢	ثالثا: الباروجراف
٨٣	- وحدات قياس الضغط الجوى
٨٥	- العوامل التى تؤثر فى الضغط الجوى
٨٥	١- درجة الحرارة
٨٥	٢- كمية بخار الماء فى الهواء
٨٥	٣- الارتفاع عن سطح البحر
٨٦	أولا: خطأ الجهاز



٨٦	ثانيا: درجة الحرارة
٨٩	ثالثا : الارتفاع عن مستوى البحر
٩٠	رابعا: تصحيح عجلة الجاذبية
٩٢	- نطاقات الضغط الجوى الرئيسية
٩٤	حول الكرة الأرضية
٩٥	ثانيا : الرياح
٩٥	١- قياس إتجاه الرياح
٩٥	٢- قياس سرعة الرياح
٩٥	أ- الأنيموميتر
٩٥	ب- الأنيموجراف
٩٦	ج- الأنيموميتر الكهربائى
٩٦	ثالثا: قياس الرطوبة الجوية
٩٧	- أجهزة قياس الرطوبة
٩٧	١- الهيجرومتر أو السيكرومتر
٩٨	٢- الهيجرومتر ذو السفر
١٠٠	٣- الهيجروجراف
١٠٢	رابعا: التبخر
١٠٣	- أجهزة قياس التبخر
١٠٣	١- مقياس بيتش
١٠٣	٢- جهاز الوعاء القياسى مقياس ويلد
١٠٧	خامسا: المطر
١٠٧	- طريقة تكون المطر
١٠٨	- قياس المطر
١٠٨	١- جهاز القياس
١٠٩	٢- جهاز الدلو المائى
١١٠	٣- ميزان المطر
١١٠	٤- جهاز تسجيل المطر
١١٢	- مشكلات قياس المطر
١١٤	سادسا: السحاب
١١٥	- كمية السحب
١١٥	أولا: أجهزة قياس ارتفاع قاعدة السحاب
١١٦	١- قياس ارتفاع قاعدة السحاب
	بواسطة البالونة

الصفحة	الموضوع
١١٦	٢- كشف السحاب العادى
١١٧	طريقة القياس
١١٩	ثانيا : أجهزة قياس اتجاه السحاب وسرعتها
١١٩	١- جهاز النيفوسكوب
١١٩	٢- الكاميرا السماوية ذات الزوايا
١٢١	استخدامات الأقمار الصناعية فى الأرصاد الجوية
١٢٤	١- أقمار فى مدارات قطبية
١٢٤	٢- الأقمار الساكنة أو الثابتة جغرافيا
١٢٧	كيف يتم استخدام الأقمار فى الأرصاد الجوية
١٢٩	-أنواع أقمار الأرصاد الجوية
١٣٥	الفصل الرابع :خرائط الطقس
١٣٥	-الطقس
١٣٦	-الرطوبة
١٣٧	-التغيم (السحاب)
١٣٧	-أنواع السحب
١٤٥	الرموز والشفرات المستخدمة فى خرائط الطقس
١٤٥	الرموز والشفرات المستخدمة فى الضغط الجوى
١٤٨	الكتل الهوائية والجبهات
١٤٨	أولا: الكتل الهوائية
١٥٠	١- الكتل الهوائية فوق الجليد الدائم
١٥٠	٢- الكتل الهوائية القطبية القارية
١٥١	٣-الكتل الهوائية القطبية البحرية
١٥١	٤- الكتل الهوائية المدارية
١٥٢	أ-الكتل الهوائية المدارية القارية
١٥٢	ب- الكتل الهوائية المدارية البحرية
١٥٢	٥- الكتل الهوائية الاستوائية القارية
١٥٣	٦- الكتل الهوائية الاستوائية البحرية
١٥٣	ثانيا: الجبهات الهوائية
١٥٤	١-الجبهة المدارية
١٥٤	٢-الجبهة القطبية
١٥٥	٣- الجبهة المتجمدة
١٥٧	الظواهر الجوية التى ترتبط بالكتل الهوائية والجبهات

الصفحة	الموضوع
١٥٨	أولا: الأعاصير (الانخفاضات الجوية)
١٦١	خط سير الانخفاضات الجوية
١٦٢	سرعة الإعصار
١٦٣	نشأة الإعصار ومرآة حياته
١٦٥	١- امتلاء دافئ
١٦٥	٢- امتلاء بارد
١٦٥	نتائج الانخفاضات الجوية
١٧١	أولا : الرياح الحارة
١٧٢	١- الخماسين
١٧٣	٢- السيروكو والسولانو
١٧٣	٣- الهرمطان
١٧٤	٤- الهبوب
١٧٤	٥- البريكفيلدرز
١٧٥	ثانيا: الرياح الدفينة
١٧٥	١- رياح الفهن
١٧٦	٢- رياح الشنوك
١٧٧	٣- رياح سانتا أنا
١٧٧	ثالثا : الرياح الباردة
١٧٧	١- رياح المسترال
١٧٨	٢- رياح البورا
١٧٨	٣- رياح البورستر الجنوبية
١٧٩	ثانيا : ضد الإعصار
١٨٣	درجات الحرارة أثناء مرور الإعصار
	ثانيا : السحب والرموز والشفرات الموضحة
١٨٩	لها في خرائط الطقس
١٩٠	أولا : السحب المنخفضة
١٩٠	ثانيا : السحب المتوسطة الارتفاع
١٩١	ثالثا : السحب المرتفعة
	ثالثا : الرياح والعواصف ورموزها
٢٠٥	وشفراتها في خرائط الطقس
٢١٥	رابعا : مظاهر التكاثف في خرائط الطقس



الموضوع	الصفحة
١- الضباب	٢١٦
٢- الرذاذ	٢١٨
٣- المطر	٢٢٠
٤- الثلج	٢٢١
٥- الرخات	٢٢٣
٦- شفرات إضافية للتكايف والتساقط	٢٢٥

خرائط الطقس العليا	٢٣٥
١- درجة الحرارة	٢٣٦
٢- نقطة الندى	٢٣٦
٣- اتجاه وسرعة الرياح	٢٣٦
٤- الضغط الجوي	٢٣٧

الفصل الخامس: الخرائط المناخية	٢٤٩
١- الخرائط المناخية	٢٥٠
٢- الرسوم البيانية البحتة	٢٥١
أولا : الخرائط المناخية	٢٥٢
أولا : خرائط الحرارة	٢٥٢
١- المدى اليومي	٢٥٥
٢- المدى الشهري	٢٥٥
٣- المدى السنوي	٢٥٥

أنواع خرائط الحرارة :	٢٥٦
أولا: خرائط خطوط الحرارة المتساوية	٢٦٠
١- مظاهر السطح	٢٦٠
٢- وجود أودية الأنهار	٢٦١
٣- وجود المدن الكبرى	٢٦٢
٤- وجود المسطحات المائية	

٢٦٣	ثانيا : خرائط خطوط الشذوذ الحرارى المتساوى
٢٦٥	ثالثا : خرائط خطوط المدى الحرارى المتساوى
٢٦٦	رابعا : خرائط خطوط تساوى الحرارة المتجمعة
٢٦٧	ثانيا : خرائط الضغط الجوى
٢٦٧	خطوط الضغط المتساوى
٢٦٩	ثالثا : خرائط المطر
٢٦٩	١- خرائط كميات المطر الساقطة ومعدلاتها
٢٧٠	٢- خرائط الأيزومير
٢٧٢	٣- خرائط معامل المطر
٢٧٣	٤- خرائط تذبذب المطر
٢٧٥	رابعا : خرائط الرياح
٢٧٧	خامسا : خرائط التوزيعات المتعددة
٢٨٠	ثانيا : استخدام الرسوم البيانية فى الخرائط المناخية
٢٨٠	١- الخطوط البيانية البسيطة
٢٨٢	٢- الخطوط البيانية المتجمعة
٢٨٢	أ- بوليجراف
٢٨٣	ب- الخطوط البيانية
٢٨٥	ج- الفرق بين الكميات والمعدل العام
٢٨٦	٣- الهيستوجراف المناخى
٢٨٨	٤- دائرة الحرارة ( الكليماتوجراف )
٢٨٩	٥- واردات الرياح
٢٩٠	أ- ورده الرياح البسيطة
٢٩٢	ب- ورده الرياح المركبة
٢٩٥	ج- ورده الرياح المثمنة
٢٩٨	د- نجمة الرياح
٣٠١	٦- الأعمدة البيانية البسيطة
٣٠٢	٧- الأعمدة البيانية المقسمة
٣٠٤	٨- الأعمدة المنطبعة
٣٠٥	٩- أعمدة تشتت المطر

